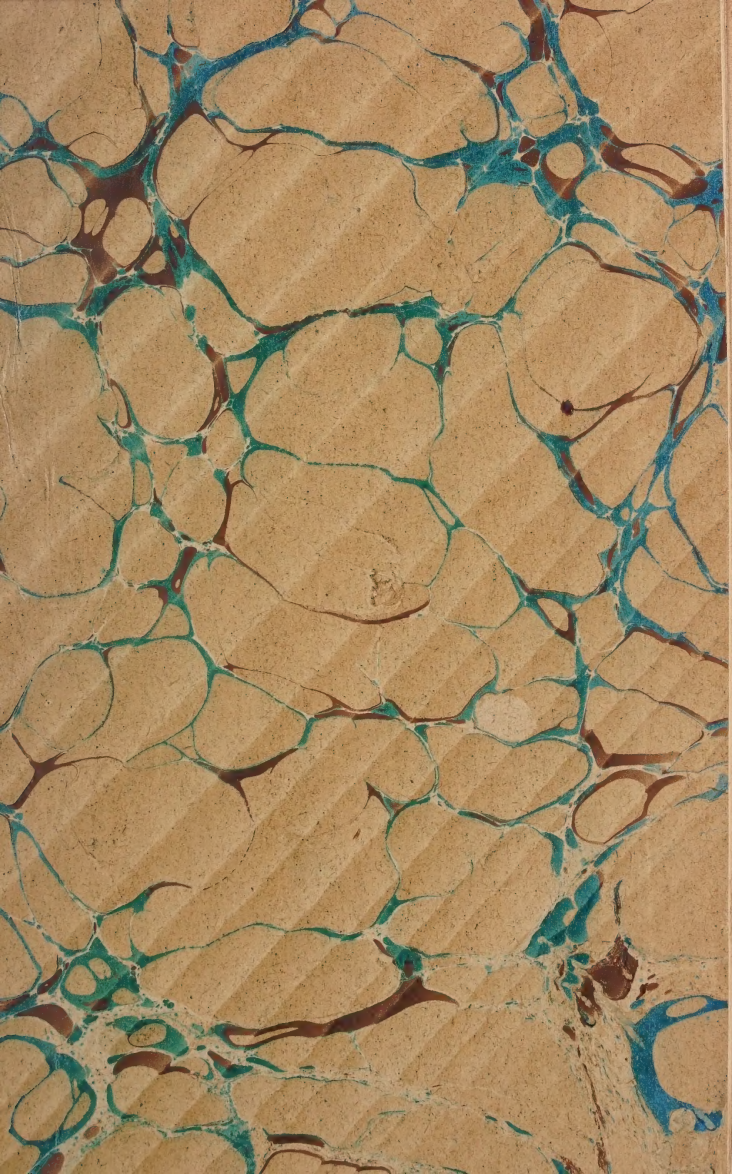


Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
University of Toronto

https://archive.org/details/tudesetlecturess07flam

ÉTUDES ET LECTURES

SUR

L'ASTRONOMIE.

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR.

Les Terres du Ciel. — Astronomie planétaire descriptive. 1 vol. gr. in-8, illustré de vues télescopiques, planches et photographies..... 10 fr.

Histoire du Ciel. — Histoire de l'Astronomie et des différents systèmes imaginés pour expliquer l'Univers. 1 vol. grand in-8 illustré; 2e édition..... 9 fr.

L'Atmosphère. — Description des grands phénomènes de la nature. 1 vol. grand in-8, illustré de 15 chromolithographies et de 228 gravures; 2e édition..... 20 fr.

La Pluralité des Mondes habités. — Étude où l'on expose les conditions d'habitabilité des terres célestes, au point de vue de l'Astronomie, de la Physiologie et de la Philosophie naturelle. 24e éd.; 1 vol. in-12.. 3 fr. 50 c.

Les Mondes imaginaires et les Mondes réels. — Voyage astronomique pittoresque dans le Ciel, et revue critique des théories humaines, anciennes et modernes, sur les habitants des astres. 14e édit.; 1 vol. in-12. 3 fr. 50 c.

Dieu dans la Nature, ou le Spiritualisme et le Matérialisme devant la Science moderne. 14e édition; 1 fort vol. in-12, avec le portrait de l'Auteur..... 4 fr.

Récits de l'Infini. — *Lumen;* histoire d'une Ame. — Histoire d'une Comète. — La vie universelle et éternelle. 5e édit.; 1 vol. in-12..... 3 fr. 50 c.

Vie de Copernic et Histoire de la découverte du véritable système du Monde. 1 vol. in-12..... 1 fr. 50 c.

Les Merveilles célestes. — Lectures du soir. Traité élémentaire d'Astronomie à l'usage de la jeunesse, illustré de gravures et de planches. 25e mille; 1 vol. in-12. 2 fr.

Contemplations scientifiques. — Nouvelles Études de la Nature et Exposition des œuvres éminentes de la Science contemporaine. 2e édit.; 1 vol. in-12..... 3 fr. 50 c.

SIR HUMPHRY DAVY. — Les derniers Jours d'un Philosophe. — Entretiens sur la Nature, sur l'Humanité et sur les Sciences. Trad. de l'anglais. 1 vol. in-12.. 3 fr. 50 c.

Paris — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55

ÉTUDES ET LECTURES

SUR

L'ASTRONOMIE,

PAR

CAMILLE FLAMMARION,
Astronome, Membre de plusieurs Académies, etc.

TOME SEPTIÈME,

Accompagné de 42 figures astronomiques.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1876
(Tous droits réservés.)

24008
4/8/92

AVERTISSEMENT.

L'Astronomie planétaire marche à grands pas, et ses progrès actuels méritent de frapper l'attention de tous ceux qui s'intéressent à la sublime science du Ciel. Elle a, de plus, le don particulier d'être accessible non-seulement à l'étude théorique, mais encore à l'observation pratique de tout amateur muni d'instruments de moyenne puissance. Une lunette de 4 pouces, ou un télescope de 16 à 20 centimètres, permet de se livrer à des observations sérieuses, continues et fécondes, pouvant donner lieu à des découvertes nouvelles et intéressantes. Combien serait grand le nombre des étudiants du Ciel si le public se doutait en général de la facilité de ces études et du plaisir profond qui s'y attache, lors même que la nécessité d'une longue patience ou certains obstacles inattendus sembleraient plutôt parfois contrarier la réalisation de nos désirs! Il est vraiment étrange que les astronomes amateurs soient encore si rares sur notre planète, même chez les nations les plus instruites et les plus progressives, et surtout en France.

Notre intention avait été de consacrer ce Volume à l'exposé des calculs relatifs à la parallaxe du Soleil et des résultats obtenus par toutes les expéditions françaises et étrangères qui sont allées observer le passage de Vénus le 8 décembre 1874, et de réserver pour le tome VIII les faits de l'Astronomie planétaire ; mais les astronomes des diverses nations ne paraissent pas fort empressés de publier les résultats de leurs travaux, et, puisqu'ils continuent de se taire d'un commun accord, nous sommes obligé de retarder nous-même cette question jusqu'au prochain Volume, et de transposer le sujet des deux Tomes.

C'est par la planète *Mars* que nous inaugurons celui-ci. L'opposition de 1873 nous a permis de faire une série d'observations attentives sur ce monde voisin ; nous en publions les résultats dès les premières pages, ainsi que les considérations relatives aux neiges, aux continents et aux mers et à la probabilité d'une végétation rougeâtre à la surface de ce globe. Viennent ensuite des observations faites sur le même astre par M. Terby, à Louvain, et un résumé des recherches dues à Schröter, dont le manuscrit, découvert par l'astronome belge, contient des documents précieux sur ce monde habité comme le nôtre. Ces observations astronomiques sont complétées par une discussion relative à l'anomalie de l'aplatissement polaire de Mars.

Nous publions ensuite les dernières observations faites sur le monde de Jupiter, sur les changements de couleurs et de formes constatés dans son atmosphère nuageuse, et sur les taches variables révélées depuis

quelques années par les observations attentives et assidues qu'on en a faites.

Pendant l'opposition de 1874, nous nous sommes adonné, plus spécialement que d'habitude, à l'étude journalière de cette planète, et nous avons remarqué des modifications dans l'état des bandes équatoriales, des taches blanches suivies d'ombres, et certains aspects météorologiques très-singuliers, qui ont fait l'objet d'une description analytique et d'un grand nombre de dessins.

Vient ensuite l'observation que nous avons faite le 25 mars 1874 du passage simultané de deux satellites devant la planète, présentant chacun des disques et des ombres différents d'intensité.

Le Chapitre suivant a été consacré à l'examen que nous avons fait des variations d'éclat des satellites de Jupiter, d'où résulte que ces quatre petits mondes n'ont pas la même nature, que leur surface réfléchissante est bien différente pour chacun d'eux, et que, tandis que le troisième varie fort peu d'éclat, les trois autres, et surtout le quatrième, subissent des fluctuations considérables, ce qui prouve qu'ils ne peuvent pas être comparés à notre Lune pour l'invariabilité.

Nous avons traité spécialement les variations du quatrième satellite, d'après nos observations de 1874 et 1875, et nous en avons conclu, comme on le verra, que l'éclat de ce satellite varie de la 6e à la 10e grandeur, qu'il tourne probablement comme la Lune, en présentant toujours la même face à la planète, et qu'il est environné d'une atmosphère subissant des révolutions météorologiques fort étendues.

Ces satellites de Jupiter sont-ils visibles à l'œil nu ? Telle est la question à laquelle répond le Chapitre suivant.

De là nous passons aux satellites d'Uranus, qui décidément ne sont pas au nombre de six, mais seulement au nombre de quatre, et forment un curieux système récemment déterminé.

L'analyse spectrale des planètes a fait de nouveaux progrès, qui sont l'objet du Chapitre suivant. Les atmosphères planétaires absorbent et modifient la lumière solaire, comme le fait l'atmosphère terrestre au sein de laquelle nous respirons.

Il y a eu, au mois d'octobre 1874, trois éclipses en quinze jours, une éclipse de Soleil, une éclipse de Lune et une occultation de Vénus par la Lune : nous les avons observées toutes les trois, nous en avons dessiné et décrit les phases les plus intéressantes.

On remarquera ensuite une curieuse occultation d'étoile par la Lune, puis le précis des observations faites dans l'Afrique du Sud sur l'éclipse totale de Soleil du 16 avril 1874, et de celles qui ont été faites au golfe de Siam sur l'éclipse du 6 avril 1875.

Les découvertes des petites planètes situées entre Mars et Jupiter se sont multipliées en ces dernières années avec une rapidité digne d'admiration. Nous avons dû, pour mettre ce Volume au courant de ces découvertes nouvelles, revoir tout l'ensemble de ces petits corps et en dresser la liste actuelle. L'étude de cette zone ainsi développée nous a conduit à certaines considérations relatives à la position de leurs orbites et au mystère de leur origine et à l'examen des

idées récemment émises sur l'influence de la gravitation dans la distribution de ces orbites, ainsi que dans celle des anneaux et des satellites de Saturne.

Comment la Terre est-elle vue des différentes planètes de notre système ? Quels sont les rapports de Géométrie céleste qui relient les aspects relatifs de notre planète et de ses sœurs de l'espace ? C'est là une question souvent posée et dont la solution ne laisse pas d'offrir un certain intérêt, à plusieurs points de vue. Nous avons dessiné ces rapports géométriques à une échelle simple, qui montre à première vue le sinus de l'angle de l'orbite terrestre diminuant à mesure qu'on s'éloigne, jusqu'à Neptune où le Soleil n'offre plus que 64 secondes de diamètre, et où la Terre, complétement invisible, ne serait qu'un point géométrique ne s'éloignant pas à plus de 1° 54′ de « l'astre du jour ».

C'est peut-être ici le lieu d'ajouter que, si les sujets succinctement traités dans tous ces Chapitres représentent le dernier mot actuellement prononcé par la Science sur chacun d'eux, les limites de cette publication ne nous ont pas permis de revenir sur les documents antérieurement acquis et de faire la description complète de chaque planète. Cette description complète, à la fois astronomique, physique, climatologique, géographique même pour plusieurs, nous venons précisément de l'exposer dans un nouvel Ouvrage spécial sur l'Astronomie planétaire [1], que nous nous per-

[1] *Les Terres du Ciel,* ouvrage accompagné de vues télescopiques, de planches et de photographies célestes. Paris, 1876.

mettons de signaler à ceux d'entre nos lecteurs que l'étude de ces grandes questions intéresse.

Des planètes nous avons ensuite passé aux comètes, dont nous avons exposé toutes les découvertes faites depuis l'année 1872 : la comète de Biéla dans ses rapports avec l'essaim d'étoiles filantes du 27 novembre; les sept comètes de 1873, parmi lesquelles la comète Henry a mérité une attention spéciale; les six comètes de 1874, et en particulier la belle comète de Coggia, qui a été l'objet d'observations nombreuses et d'études intéressantes; les nouvelles déductions fondées sur l'analyse spectrale de ces astres vaporeux; la discussion relative à l'analogie de leurs spectres avec ceux des gaz carbonés; l'analyse du développement des queues cométaires dans le plan de leurs orbites; enfin les dernières recherches faites sur la comète d'Encke, en 1875, au point de vue de l'influence d'un milieu éthéré résistant.

Tel est le bilan planétaire et cométaire de ces dernières années, dont l'exposé et l'examen ont formé la substance de ce nouveau petit Volume. Notre modeste collection astronomique se développe progressivement, grâce aux travaux incessants des astronomes, et aussi grâce à l'indulgente sympathie de nos lecteurs.

Paris, juin 1876.

ASTRONOMIE PLANÉTAIRE.

ASTRONOMIE PLANÉTAIRE.

I.

LA PLANÈTE MARS.
DERNIÈRES OBSERVATIONS.

Quoique le monde de Mars soit l'un des plus petits de notre système, sa ressemblance avec le nôtre le rend fort intéressant pour nous, et nous ne croyons pas déroger en ouvrant ce volume par les observations faites sur l'aspect de cette *terre voisine*.

L'opposition qui a eu lieu pendant le printemps de l'année 1873 a placé la planète en de bonnes conditions d'observation. Voici le résultat des études que nous avons faites nous-mêmes sur sa surface, à l'aide d'une lunette de Secrétan, de 108 millimètres d'ouverture. Grossissement habituel 202, rarement porté à 288, souvent réduit à 150, en raison de la faible élévation de la planète au-dessus de l'horizon.

Nous reproduisons ce résumé tel que nous l'avons présenté à l'Académie des Sciences (*).

Pendant la période d'opposition qui vient de s'écouler, la planète Mars nous a découvert son hémisphère septentrional, qui est moins connu que son hémisphère

(*) Voir *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXVII, p. 278; 1873.

sud. Le pôle nord, fortement incliné vers nous, se décèle lui-même par une tache blanche très-brillante qui, dans certaines conditions de transparence atmosphérique, semble *dépasser* le contour du disque.

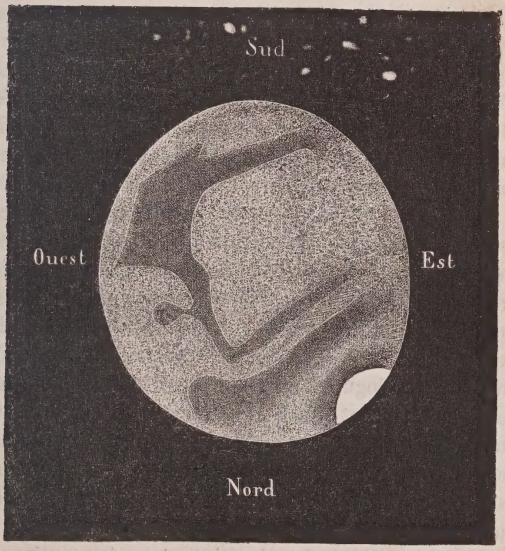
Cette calotte polaire n'est pas actuellement très-étendue ; elle offre parfois à l'œil l'impression d'un *pois* blanc qui scintillerait sur le limbe inférieur du disque, et sa position indique que le pôle se trouve à environ 40 degrés de l'extrémité inférieure du diamètre vertical, dans la direction de l'est (image renversée dans la lunette astronomique). Les neiges polaires boréales ne s'étendent pas actuellement au delà du 80e degré de latitude aréographique. On sait qu'elles couvrent parfois une étendue beaucoup plus considérable, puisque, dans certaines années, elles ont dépassé le 60e degré. Les variations des neiges australes sont plus grandes encore.

Il y a très-probablement une mer polaire autour du pôle nord, car une tache sombre y est constamment visible, quelle que soit la face que la rotation de Mars amène devant nous. Cette mer polaire paraît s'étendre jusque vers le 45e degré de latitude, et même au delà, en certains points ; mais elle doit être partagée en deux par une langue de terre qui s'étendrait du 65e au 75e degré. Quelle que soit cette terre intermédiaire, que l'on distingue à peine, la mer s'étend, d'une part jusqu'à la glace, c'est-à-dire jusqu'au 80e degré au moins, et, d'autre part, jusqu'au 45e.

Une méditerranée longue et étroite court du nord au sud, et rejoint une vaste mer qui s'étend au delà de l'équateur dans l'hémisphère sud. Entre l'extrémité

septentrionale de cette méditerranée et la mer boréale dont je viens de parler il y a une autre énigme. Or-

Fig. 1.



Vue de la planète Mars, le 29 juin 1873, à 10 heures du soir.

dinairement cette méditerranée, cette passe, semble réunir les deux taches. Parfois on croit distinguer à l'extrémité septentrionale une solution de continuité, et même un retour à angle droit. Ce détail n'empêche pas la physionomie générale d'être telle qu'elle vient d'être décrite : *pôle nord* marqué par une petite tache

très-blanche, *mer boréale* s'étendant dans le sens des latitudes, *large filet d'eau* s'étendant dans le sens des longitudes, et *mer australe* considérable.

Mars est actuellement dans la saison d'automne de son hémisphère nord. La plus grande partie des neiges polaires boréales sont fondues, tandis qu'elles s'amoncellent autour du pôle austral, invisible pour nous. La région sud est visiblement marquée d'une traînée blanche près des bords. Est-ce la neige qui descendrait jusqu'au 40e degré de latitude sud? Il est plus probable que ce sont des nuages.

L'étude détaillée de la planète montre que sa surface est bien différente de la surface terrestre, au point de vue du partage des terres et des mers. Chez nous, les trois quarts du globe sont couverts d'eau ; sur Mars, au contraire, il y a plus de surface continentale que de surface maritime. Toutefois, l'évaporation y produit des effets analogues à ceux qui constituent la Météorologie terrestre, et l'analyse spectrale montre que l'atmosphère de Mars est chargée de *vapeur d'eau* comme la nôtre, et que ces mers, ces neiges, ces nuages sont réellement composés de la même eau que nos mers et nos météores aqueux.

Il m'a semblé que la coloration rouge des continents est moins intense cette année qu'en général. On a souvent discuté la cause de cette coloration, et d'abord on l'a attribuée à l'atmosphère ; mais cette explication a été rejetée, depuis qu'il a été constaté que les bords du disque de la planète sont moins colorés que le centre ; ils sont presque blancs. Ce serait le contraire si la coloration était due à l'atmosphère, car elle croîtrait en

raison de l'épaisseur d'atmosphère traversée par les rayons réfléchis. Est-elle due à la couleur des matériaux constitutifs de la planète? On pourrait l'admettre si des raisonnements d'analogie ne nous engageaient à penser que les continents de Mars n'ont pu rester à l'état de déserts stériles, mais que, sous l'influence de l'atmosphère, des pluies, de la chaleur fécondante du Soleil et des éléments qui ont amené sur la Terre la production du monde végétal, ils ont dû se recouvrir aussi d'une *végétation quelconque,* en rapport avec l'état physique et chimique de cette planète. Or, comme ce n'est pas l'intérieur du sol que nous voyons, mais la surface, la coloration rouge doit être celle de la végétation de Mars, quelle que soit d'ailleurs l'espèce de végétation qui s'y produise. Il est vrai que, quoique les saisons de cette planète soient à peu près de même intensité que les nôtres, on ne voit pas de variations de nuances correspondant à celles que l'on observe avec les saisons sous nos latitudes terrestres; mais la végétation qui tapisse la surface de Mars peut être fort différente de la nôtre et subir moins de variations dans le cours de l'année.

Quoi qu'il en soit, les études faites sur cette planète voisine sont assez nombreuses maintenant pour nous permettre de nous former une idée générale de sa géographie et même de sa météorologie. On peut résumer comme il suit les faits qui semblent désormais acquis à l'Astronomie physique sur la connaissance de cette planète :

1° Les régions polaires se couvrent alternativement de neige suivant les saisons et suivant les variations

dues à la forte excentricité de l'orbite ; actuellement les glaces du pôle ne dépassent pas le 80e degré de latitude.

2° Des nuages et des courants atmosphériques y existent comme sur la Terre ; l'atmosphère y est plus chargée en hiver qu'en été.

3° La surface géographique de Mars est plus également partagée que la nôtre en continents et en mers ; il y a un peu plus de terres que de mers.

4° La météorologie de Mars est à peu près la même que celle de la Terre ; l'eau y est dans le même état physique et chimique que sur notre propre globe.

5° Les continents paraissent recouverts d'une végétation rougeâtre.

6° Enfin les raisons d'analogie nous montrent sur cette planète, *mieux que sur toute autre*, des conditions organiques peu différentes de celles qui ont présidé aux manifestations de la vie à la surface de la Terre.

Quelque temps après la présentation de ces résultats à l'Académie des Sciences, notre savant ami le Dr Hœfer objecta à l'explication qui précède sur la couleur de Mars que cette couleur ne doit pas être due à des végétaux, parce qu'elle ne varie pas avec les saisons, et qu'il est beaucoup plus probable que c'est simplement celle du sol.

Celle du sol ? Mais alors ce sol est nu ! Le Soleil, la pluie, l'air le laissent stérile à travers les siècles ! Le Dr Hœfer, qui est un partisan fervent de la doctrine de la pluralité des mondes ne peut admettre cette stérilité, contraire à tous les effets connus des forces de la nature. Il faut bien qu'il y ait *quelque chose* sur ces terrains, ne serait-ce que de la mousse.

L'objection de l'invariabilité de la couleur pendant l'année martiale n'est pas fondamentale, et il suffit de voir les choses un peu largement pour en reconnaître l'insuffisance. Pourquoi astreindre la nature à avoir construit sur Mars des végétaux de même espèce que les nôtres? Les conditions de milieux, de température, de densité et de pesanteur s'y opposent; donc la différence qui existe forcément entre la végétation martiale et la végétation terrestre peut parfaitement s'étendre jusqu'aux variations de couleurs. Mais il y a plus : sur la Terre même la nature répond à cette objection en nous montrant des espèces végétales qui ne changent pas. Dans le Midi, les bois d'oliviers, de citronniers, d'orangers sont aussi verts en hiver qu'en été. Dans le Nord, le sapin, l'if, le cyprès, le buis, le houx, le rhododendron, etc., conservent leur verdure au milieu de la neige. Dans nos latitudes même, l'herbe des prés et mille espèces végétales ne varient guère. Comment donc rejeter une explication si simple, quand, sur la Terre même, nous avons les mêmes exemples et quand les différences de conditions de la vie sur Mars et sur la Terre ne peuvent pas avoir développé sur cette planète la même végétation qu'ici.

Une seconde objection nous a été faite en disant que sur la Terre les continents ne sont couverts de végétaux que par places très-restreintes et que leur couleur dominante est celle des terrains, que par conséquent ceux de Mars doivent être de couleur d'ocre ; mais, à part les déserts qui sont des exceptions, ne voit-on pas que l'Europe entière est couverte soit de forêts, soit de terres cultivées ou de terrains incultes tapissés

d'herbes ou de broussailles. Il en est de même du continent américain et des autres parties du monde. L'eau seule suffit pour amener la verdure, et les contrées stériles sont celles où la pluie ne tombe pas. Or, sur Mars, il y a des nuages et des pluies, comme sur notre planète. Il est donc probable que la couleur dominante de Mars provient de la végétation quelconque qui revêt son sol.

Dans l'une des séances qui suivirent celles où j'avais présenté les observations qui précèdent, M. St. Meunier adressa les remarques que voici sur la forme des mers martiales comparées à celles des océans terrestres :

« Au moment où l'attention des observateurs est dirigée vers la planète Mars, je crois intéressant de soumettre à l'Académie une remarque relative à cet astre, remarque qui confirme la théorie déjà développée de l'évolution sidérale.

» On sait que, à ce point de vue, Mars se présente comme un globe actuellement plus âgé que le globe terrestre, et offrant, dès maintenant, des conditions que celui-ci ne présentera que dans un avenir très-éloigné. Une foule de considérations appuient cette donnée, et parmi elles la minceur de l'atmosphère et le peu d'étendue des océans par rapport aux surfaces océaniques.

» Le fait que je veux signaler aujourd'hui concerne la forme des mers martiales comparée à celle des mers terrestres. J'y vois un nouveau signe de la vétusté relative de Mars, car il paraît évident que nos mers prendront sensiblement les mêmes contours que celles de Mars, lorsqu'elles auront suffisamment diminué de

volume, à la suite de leur absorption progressive par le noyau solide.

» Un des traits les plus remarquables de la planète Mars consiste dans le grand nombre des passes longues et étroites, et des mers en *goulot de bouteille*. Cette disposition diffère essentiellement de tout ce que l'on connaît sur la Terre.

» Or, si l'on prend une carte marine, telle que celle de l'océan Atlantique boréal, et que l'on trace les courbes horizontales successives pour des profondeurs de plus en plus grandes, on reconnaît que ces courbes tendent progressivement à limiter des zones dont la forme est de plus en plus allongée. A 4000 mètres, par exemple, on obtient des formes comparables, de tous points, à celles des mers de Mars.

» Il en résulte que, si l'on suppose l'eau de l'Atlantique absorbée par les masses profondes actuellement en voie de solidification, de façon que le niveau de cet océan s'abaisse de 4000 mètres, on aura à la fois une bien moins grande surface recouverte par l'eau et une forme étroite et allongée de la mer, c'est-à-dire exactement les conditions que présente Mars. »

Cette remarque de notre confrère est ingénieuse; nous avons voulu la signaler, mais il n'est pas certain que la forme géologique de Mars soit analogue à celle de la Terre, et que la diminution de l'eau (même en l'admettant hypothétiquement) puisse amener ces configurations. Sur la Lune, par exemple, l'orographie n'offre point cette forme, et toutes ses plaines basses sont circulaires : l'absence d'eau y donne l'exemple d'un tout autre type.

M. Terby, docteur ès sciences à Louvain (Belgique), s'est occupé de la même planète pendant l'opposition de 1873, et a communiqué les résultats de ses observations à l'Académie des Sciences de Belgique. On lit dans le Bulletin de l'Académie le Rapport suivant de M. Liagre sur ses travaux :

« Dans la Note actuelle, M. Terby continue à exposer les résultats des observations physiques qu'il a entreprises depuis assez longtemps sur l'aspect des planètes Jupiter et Mars. L'Académie a déjà accueilli favorablement plusieurs communications de l'auteur sur le même sujet et en a ordonné l'impression dans ses *Bulletins*.

» Les observations de Jupiter faites par M. Terby pendant la dernière opposition s'étendent du 23 janvier au 15 mai 1873. Les quatorze dessins qui s'y rapportent sont faits avec beaucoup de délicatesse, et leur échelle, bien qu'assez petite, permet de suivre les variations régulières que l'aspect de la planète subit d'un jour à l'autre.

» Ce qui frappe, au contraire, dans les observations de Mars, c'est la constance que certaines grandes taches présentent dans leur aspect général, tout en offrant cependant des variations de détail. Il semble en résulter que la surface de Jupiter ne nous montre qu'une substance gazeuse profondément agitée, tandis que celle de Mars laisse voir de grandes étendues à l'état solide ou liquide.

» Les observations de Mars, rapportées par M. Terby, ne s'étendent que du 13 avril au 29 mai. Il aurait pu, semble-t-il, les prolonger fructueusement au delà

de cette dernière date. C'est ainsi, par exemple, que M. Flammarion, dans un des derniers numéros des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* de Paris de cette année, donne un dessin curieux de la planète Mars observée par lui le 29 juin.

» L'observateur français fait la remarque singulière, que la coloration rouge de Mars lui a semblé moins intense cette année qu'en général. Il serait curieux de savoir si M. Terby, qui, depuis plusieurs années, observe cette planète avec beaucoup de soin, a éprouvé la même impression. »

Voici les détails principaux de ces observations.

Les taches situées dans la partie supérieure du disque apparaissent avec des dimensions plus grandes qu'en 1871 ; elles sont plus riches en détails, quoique la planète se soit trouvée, en 1873, dans une situation défavorable à cause de son peu d'élévation. Une grande tache (la mer de Kaiser) a paru généralement beaucoup plus pâle qu'en 1871, et la tache désignée par *a* dans nos dessins a présenté une forme toute spéciale, dont on ne trouve pas de traces dans mes observations de l'opposition précédente : en 1871, elle est réduite à sa partie la plus foncée; en 1873, elle présente un prolongement plus pâle, et semble circonscrire un espace circulaire.

La véritable forme de cette tache semble encore peu connue, et les deux dernières oppositions étaient spécialement favorables à son étude.

La tache polaire boréale est apparue avec grande netteté en 1873, comme en 1871, mais sans présenter la même constance ; il est arrivé, en effet, que la région

polaire septentrionale ne présentait pas le moindre éclat. La position relative des taches polaires, par rapport à un diamètre passant par le milieu de l'une d'elles, variait notablement grâce à la rotation ; cette circonstance dénote une extension inégale des amas neigeux dans les diverses directions.

Le 13 *avril* 1873, *de* $9^h 50^m$ *à* $10^h 30^m$. — Image très-belle malgré la proximité de l'horizon. Deux taches polaires certaines, très-blanches : l'inférieure est plus petite que l'autre.

Le 18 *avril, de* $10^h 5^m$ *à* $10^h 25^m$. — Taches polaires difficiles à observer : la tache neigeuse boréale est très-petite ; la tache australe est plus étendue, mais apparaît comme une faible lueur.

Le 23 *avril, de* $10^h 10^m$ *à* $10^h 40^m$. — Les taches polaires sont très-difficiles à observer : la supérieure est la plus blanche, l'inférieure est faible, mais plus étendue. L'aspect des taches est identique à celui d'une figure de 1871.

Le 24 *avril, de* $10^h 10^m$ *à* $10^h 20^m$. — La planète présentait le même aspect que le 23, et la même difficulté dans l'observation des taches polaires. La région où l'on s'attendait à voir paraître l'éclat polaire septentrional était parfaitement indiquée, mais ne présentait une lueur ni plus blanche, ni plus vive que le reste du disque. Du côté du sud, au contraire, on remarquait une légère lueur polaire.

Le 10 *mai, de* $8^h 10^m$ *à* $8^h 40^m$. — La tache polaire septentrionale est très-petite, mais blanche et brillante.

Le 12 *mai, de* $8^h 20^m$ *à* $8^h 30^m$. — Image d'une netteté

admirable. La tache polaire supérieure est plus difficile à voir que l'inférieure. On a relevé soigneusement la position relative des deux taches polaires. On voit le détroit et deux baies. Ces détails ne laissent pas le moindre doute.

Le 22 *mai, de* $8^h 55^m$ *à* $8^h 10^m$. — M. Terby a vu positivement les deux taches polaires. Les neiges australes remplissaient la concavité supérieure de l'océan.

Le 24 *mai,* de $8^h 40^m$ *à* $8^h 55^m$. — L'observateur ne voit pas de tache polaire méridionale, la tache neigeuse boréale est difficile ; elle ne brille pas et ne semble pas blanche. Le dessin est très-satisfaisant.

Le 29 *mai, de* $8^h 30^m$ *à* $8^h 35^m$. — Les deux taches polaires sont très-blanches et très-étendues, l'inférieure brille surtout en son centre au pôle même.

Tout en se livrant à ces observations sur la planète Mars, M. Terby a retrouvé une série de manuscrits et de dessins originaux et inédits de l'astronome Schröter, de Lilienthal. Il a écrit sur ce sujet un Mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Belgique, dont nous résumerons les points principaux.

Compatriote d'Herschel, Schröter offre plus d'un trait de ressemblance avec lui, soit par le perfectionnement des instruments, soit parce qu'il était surtout observateur. Il apporta des soins extrêmes et minutieux à tout ce qui peut rendre précis, exacts et incontestables les résultats obtenus. Il renouvelait et multipliait les observations. Ce sont les résultats de ces longues et minutieuses recherches que le célèbre astronome de Lilienthal a consignées dans une série d'Ouvrages remarquables, parmi lesquels on doit remarquer les

Selenotopographische Fragmente. Ses observations sur Vénus, Mercure, Jupiter et Saturne, sur les satellites des planètes, sur Cérès, Pallas, Junon et Vesta, sur les comètes, sur les taches du Soleil lui ont fourni le sujet d'autres publications qui, par la multitude des recherches et souvent l'intérêt des résultats, occupent une place importante dans l'histoire de la Science. Au milieu de tant de travaux, Schröter ne négligea point la planète Mars, et, en 1811, il annonça l'apparition prochaine d'un Ouvrage intitulé : *Areographische Fragmente,* contenant ses observations sur cet astre et illustré de seize planches gravées sur cuivre.

Schröter mourut à Lilienthal le 29 août 1816, sans avoir pu mettre ce projet à exécution. Les soins dont il a entouré toutes ses observations, le zèle avec lequel il les a multipliées d'une manière étonnante, devaient attacher à cette œuvre un grand intérêt. Schröter avait toujours été très-sobre de communications sur Mars, et pourtant il avait étudié cette planète pendant de longues années. Aussi deux illustres observateurs, Mädler et Beer, ont-ils dit, sans doute avec regret, en 1840 : « Schröter mentionne souvent ses observations sur Mars ; cependant son Ouvrage (*Areographische Fragmente*) qui, d'après son annonce, devait contenir 224 dessins, n'a jamais paru. »

Mars attira au plus haut degré l'attention lors des oppositions de 1858, de 1862 et de 1864 et, pendant cette dernière année, la Société royale astronomique de Londres, pressentant l'importance des observations inconnues de Schröter, chargea le révérend M. Webb de négocier l'acquisition du précieux manuscrit encore

en possession de Mme veuve Schröter, belle-fille de l'astronome de Lilienthal. Ces négociations restèrent sans résultat.

Grâce à des renseignements ultérieurs dus à M. Peters, directeur de l'Observatoire d'Altona, et à M. Haase, conseiller de guerre à Osnabrück, M. Terby arriva à se mettre en rapport avec M. Schröter, petit-fils de l'astronome de Lilienthal. Ce dernier a bien voulu confier au savant belge l'œuvre de son aïeul, en lui permettant d'en tenir compte dans une comparaison générale des observations de Mars.

Les *Areographische Fragmente* comprennent soixante et un cahiers in-4°, formant un total de 982 pages, rédigés en langue allemande, très-lisibles et parfaitement conservés. Une Table détaillée, se composant à elle seule de 102 pages, est comprise dans cet ensemble. Le manuscrit est accompagné de seize planches originales, dessinées au crayon par Schröter, et de quatorze planches qui ont été gravées par Tischbein, graveur de l'Observatoire de Lilienthal.

M. Schröter possède encore les plaques de cuivre qui ont servi à graver ces planches. Malgré leur existence de plus d'un demi-siècle, les dessins originaux peuvent parfaitement servir encore à vérifier l'exactitude des gravures, qui sont très-belles et dans un état parfait de conservation.

Ces dessins forment la partie la plus remarquable de l'œuvre de Schröter. Ils sont au nombre de 230. 217 figures représentent les taches de Mars, et les autres se rattachent à des démonstrations spéciales. Les observations commencent en 1785 et s'étendent

jusqu'à l'année 1803; elles continuent donc sans interruption les recherches de W. Herschel terminées en 1783.

L'Ouvrage est divisé en neuf Chapitres.

Dans le premier, l'auteur expose les résultats de ses observations pendant les années 1785, 1787, 1788, 1792, 1794 et 1796. On y trouve des remarques sur les taches obscures, des déterminations de la durée de rotation, des observations relatives à l'éclat du bord de la planète et à la forme sphéroïdale de Mars.

Le deuxième Chapitre présente les observations de 1798, avant l'époque où la planète Mars arriva à une très-grande proximité de la Terre. On y remarque des détails minutieux sur les taches sombres, des observations suivies et des mesures de la tache polaire méridionale, des notes sur ses variations, sur la forme sphéroïdale de Mars et sur la décroissance de la lumière à la limite d'éclairement.

Dans le troisième Chapitre, l'auteur relate ses recherches sur Mars du 26 août au 13 septembre 1798, c'est-à-dire plus spécialement vers le moment de l'opposition et de la plus grande proximité de la Terre. Ce Chapitre est divisé en trois Sections :

I. Observation sur la tache polaire méridionale et sur la position de l'axe de la planète.

Cette Section comprend des remarques sur la position fixe de la tache polaire, sur ses changements d'éclat et d'étendue; on y trouve aussi des mesures de cette tache.

II. Observations sur la forme sphéroïdale de Mars et mesure de son diamètre. Cette Section contient tous

les détails des observations de l'auteur sur l'aplatissement de la planète.

III. Observations des taches obscures.

Le quatrième Chapitre a pour objet les observations des taches sombres après l'époque de l'opposition et du plus grand rapprochement de Mars.

Dans le cinquième Chapitre, l'auteur reprend l'étude de la tache polaire méridionale jusqu'au 20 novembre et s'occupe de déterminer la position de l'axe, l'obliquité de l'écliptique de Mars, ses points équinoxiaux et solsticiaux. Jusqu'au 20 novembre, la tache polaire, excessivement petite, se prêta à une détermination exacte du pôle ; mais, à partir de ce jour, des lueurs plus étendues se manifestèrent, et l'auteur leur consacra le Chapitre suivant.

Le sixième Chapitre a pour objet l'observation des taches claires au pôle sud et au pôle nord depuis le 20 novembre.

Dans le septième Chapitre on trouve les observations de 1800 et de 1801, et dans le huitième celles des années 1802 et 1803.

Enfin, dans le neuvième Chapitre, Schröter donne un aperçu sur la constitution physique de la planète Mars. Ce Chapitre est partagé en deux Sections :

La première a pour titre : *Les vents de l'atmosphère de Mars*. Cette Section contient en outre une étude comparative de Mars et de la Terre; des discussions sur la nature des taches sombres et des taches polaires; enfin des considérations sur les atmosphères de Jupiter, de Saturne, de Vénus, de Mercure et de la Lune comparées à celle de Mars.

La seconde Section a pour objet la constitution du globe de Mars.

Une étude approfondie de tous les dessins du célèbre astronome, et spécialement de ceux qu'il a exécutés en 1798 et 1800, parce qu'ils sont plus nombreux, a permis à l'astronome belge de reconstituer la série des aspects offerts par la planète à cette époque déjà ancienne, et la conclusion de cette étude vient confirmer davantage la permanence des taches sombres : on voit se succéder, sur le disque de la planète, les mers, les continents, les détroits et les golfes figurés aujourd'hui. L'un des dessins attribue à un détroit un aspect presque identique à celui que Madler et Beer ont figuré en 1830 ; on y retrouve, en effet, cette tache en forme de balle suspendue à un fil que ces célèbres observateurs ont désignées par la lettre *a*, et qu'ils ont choisie pour origine des longitudes aréographiques. Cette tache arrondie de Beer et Madler n'est autre que la baie fourchue de Dawes.

Il est étonnant que des figures si nombreuses et si parfaites n'aient point conduit l'auteur à une interprétation exacte des taches sombres ; son idée dominante consiste à attribuer celles-ci à des nuages et à les douer, par conséquent, d'une grande variabilité. L'exclusion de toute défiance à l'égard des changements seulement apparents de cette surface planétaire a donc conduit Schröter à des conclusions qu'il partage d'ailleurs avec la plupart des astronomes de son époque. Frappé de la constance avec laquelle ces prétendus nuages se présentent sous les mêmes formes et dans les mêmes régions, il est amené, en outre, à admettre

une prédisposition naturelle de cette partie de la surface à produire des phénomènes météorologiques semblables.

Les déplacements que l'auteur attribue aux taches lui font considérer la détermination *rigoureuse* de la durée de rotation comme impossible; néanmoins il compare plusieurs fois ses observations pour obtenir un résultat satisfaisant, et il se rallie finalement à la période de Cassini. Les irrégularités qu'il constate le conduisent à calculer les déplacements des taches, et c'est ainsi qu'il évalue la vitesse et la direction des mouvements atmosphériques de Mars. On trouve une mention très-abrégée de résultats analogues dans le *Jahrbuch* de Bode.

Les observations de 1798 sur les taches polaires sont extrêmement remarquables : elles coïncident d'une manière frappante avec les positions successives de l'axe de rotation relativement au Soleil; on voit la tache polaire australe réduite à ses moindres dimensions pendant l'été de son hémisphère; nettement séparée du bord, elle apparaît comme un point lumineux. Elle reprend ensuite du développement, tandis que le Soleil s'abaisse vers l'équateur de Mars, et la tache polaire boréale commence à paraître à son tour.

L'auteur a relaté dans ses autres Ouvrages des observations relatives à des déformations singulières du contour de Jupiter et Vénus. Le 21 septembre 1798, il observa, pour la première fois dans Mars, un fait analogue. Le contour de la planète semblait aplati depuis la tache polaire méridionale jusqu'à une distance d'environ 70 degrés à l'ouest. Une apparence de ce genre se présenta encore le 12 novembre 1800, à

$7^h 29^m$ du soir. De légères vapeurs couvraient le ciel et obscurcissaient un peu la planète, mais l'image n'en était que plus nette ; dans la région comprise entre le sud et l'ouest, elle se terminait par une ligne droite, au lieu d'être limitée par la continuation de la circonférence : ce fait a été l'objet de la plus grande attention. L'auteur a donné successivement à l'astre des positions très-différentes dans le champ de son télescope de 13 pieds, armé d'un grossissement de cent trente-six fois, et l'illusion n'avait pas encore disparu à $7^h 35^m$. Quelques minutes plus tard, le phénomène devint moins évident ; mais les vapeurs qui couvraient le ciel s'épaissirent bientôt au point d'interrompre toutes les recherches.

Schröter expose ensuite quelques réflexions sur ce genre de phénomènes : il croit devoir l'attribuer à des déviations subies par les rayons lumineux dans certaines régions de l'atmosphère planétaire ; son explication est trop concise pour être claire, et il renvoie le lecteur à ses Ouvrages antérieurs. Il attache une certaine importance au fait que jamais, ni dans Mars, ni dans Jupiter, ni dans Vénus, il n'a observé de pareilles déformations dans l'hémisphère septentrional.

Ces observations méritaient d'être citées et mises en regard d'autres apparences qu'il faut sans doute ranger parmi les illusions d'optique : on trouve un autre exemple d'altérations d'images dans l'aspect singulier sous lequel l'illustre W. Herschel a cru observer le globe de Saturne, qui prit plusieurs fois dans ses télescopes la forme d'un rectangle arrondi à ses quatre sommets.

Schröter mentionne souvent l'avantage que peut

tirer l'observateur de la présence de légères vapeurs qui, en affaiblissant un peu l'image, lui donnent un grand calme et une grande netteté. C'est dans ces circonstances qu'il procède de préférence à ses observations et à ses mesures les plus délicates. Il en est de même des observations faites dans le voisinage de la Lune et, en général, dans un ciel éclairé. Tous les observateurs ont eu l'occasion d'apprécier les effets salutaires de pareilles conditions.

L'astronome de Lilienthal ne laissa point échapper l'occasion de prendre toutes les mesures nécessaires à la détermination de la direction de l'axe, de l'obliquité de l'écliptique, de la situation des points équinoxiaux et solsticiaux, et du diamètre apparent de Mars.

Les résultats déduits de ces nombreuses mesures avec l'aide de *Harding* ont été soumis au calcul par Olbers. Nous donnons ici la moyenne de dix-neuf déterminations de la direction de l'axe, telle que Schröter la conclut définitivement :

Latitude du pôle sud.....	60°33′12″
Longitude du pôle sud....	172°54′44″

W. Herschel avait cherché à déterminer les mêmes éléments et était arrivé aux résultats suivants :

Latitude du pôle sud.....	59°42′0″
Longitude du pôle sud....	167°47′0″

Schröter insiste beaucoup sur le soin qu'il a pris de faire intervenir ici, au lieu de la largeur théorique de la

phase de Mars, la largeur directement déduite de ses mesures. La phase éclairée lui a toujours paru, en effet, moins large que ne l'exigeait le calcul.

Schröter trouve enfin :

Obliquité de l'écliptique de Mars..	27° 56′ 51″
Longitude du point équinoxial du printemps pour l'hémisph. boréal.	264° 53′ 35″

W. Herschel avait trouvé de son côté :

Obliquité de l'écliptique de Mars..	28° 42′
Longitude du point équinoxial du printemps pour l'hémisph. boréal.	259° 28′

Dans la matinée du 1er septembre 1798, en des conditions très-favorables et au moment du plus grand rapprochement de Mars, l'astronome de Lilienthal a mesuré le diamètre apparent de la planète ; par des observations répétées, il trouve pour ce diamètre

26″,17.

Il croit ce résultat digne de toute confiance, et il déduit de toutes ses mesures prises vers cette époque une moyenne de

26″,04.

En discutant les résultats obtenus par W. Herschel à l'égard de la durée de rotation, Beer et Mädler font observer que « dans Vénus et dans Mercure la largeur de la partie obscurcie se trouve être toujours un peu plus grande que le calcul ne le demande ». C'est une assertion conforme à celle de Schröter.

Les dessins de Schröter offrent les mêmes taches essentielles que nous remarquons aujourd'hui sur nos dessins modernes; et il n'y a rien d'étonnant en cette fréquente coïncidence : il n'est pas difficile de trouver deux aspects de Mars, vu à des époques fort éloignées

Fig. 2.

Mars. Été de l'hémisphère nord.

l'une de l'autre, qui présentent entre eux de fortes ressemblances. Voici, par exemple (*fig.* 2), un dessin de la planète fait à Rome par le P. Secchi, le 14 juin 1858. Il ne serait pas difficile de trouver les mêmes configurations géographiques sur ce dessin et sur celui que j'ai fait le 29 juin 1873, publié plus haut (p. 5). Ce sont bien là des taches fixes.

La décroissance de lumière observée en plusieurs occasions par Schröter, à la limite d'éclairement de Mars, a été pour lui l'objet d'une attention toute particulière. Il envisage la part que pourraient avoir dans ce phénomène les montagnes de la planète. Personne ne peut nier la probabilité de l'existence, à la limite éclairée, d'ombres de montagnes qu'une distance considérable nous empêche d'apercevoir ; mais, attribuant à ces ombres une importance peut-être trop grande, Schröter entre dans des considérations très-originales auxquelles le lecteur est loin de s'attendre. C'est ainsi qu'il propose d'admettre, dans l'hémisphère méridional, l'existence de montagnes plus hautes que dans l'hémisphère septentrional, parce que la partie méridionale de la phase éclairée lui a paru quelquefois moins large que la partie boréale. L'auteur établit d'ailleurs, à ce sujet, des rapprochements entre ses observations de Mars et des observations analogues qu'il a faites sur la Lune, sur Mercure et sur Vénus.

Schröter évalue ensuite le diamètre apparent de Mars, vu de la distance moyenne qui sépare la Terre du Soleil, à

$$9'',84.$$

W. Herschel avait trouvé pour le même élément

$$9'',8.$$

Pour terminer, écoutons l'explication que Schröter nous donne de ces taches brillantes : « ... Les zones polaires doivent cette lueur à un précipité atmosphérique éblouissant. Cette dernière hypothèse est la plus vraisemblable, car elle explique aussi les changements

accidentels qu'on observe. Que l'on s'imagine un ciel couvert qui donne lieu, sur ses surfaces polaires, à un précipité blanc, éblouissant, analogue à notre neige, et qui devienne ensuite serein; que l'on s'imagine aussi les liquides de la surface transformés par le froid en une surface solide miroitante, et cette explication établira une analogie de plus entre Mars et notre Terre. »

Nous félicitons M. Terby d'avoir réussi à mettre ainsi en évidence les études si longtemps inédites de Schröter sur la planète Mars, planète étudiée avec tant de soin qu'on a déjà pu en tracer la carte géographique. Les astronomes attendent avec une légitime espérance l'opposition de 1877, pour vérifier les dessins faits jusqu'ici et tracer un globe de Mars digne d'être comparé, par son exactitude, aux cartes lunaires et même aux cartes terrestres.

Ajoutons à ces observations les recherches que l'astronome Vogel vient de faire sur le spectre de la même planète. « Dans ce spectre, dit-il, on retrouve un très-grand nombre de raies du spectre solaire. Dans les portions les moins réfrangibles du spectre apparaissent quelques bandes qui n'appartiennent point au spectre solaire, mais qui coïncident avec celles du spectre d'absorption de notre atmosphère. On peut conclure avec certitude que *Mars possède une atmosphère qui,* pour la composition, *ne diffère pas essentiellement de la nôtre,* et doit être riche, en particulier, *en vapeur d'eau.* La coloration rouge de Mars semble résulter d'une absorption qui s'exerce généralement sur les rayons bleus et violets dans leur ensemble; au moins il n'a pas été possible de discerner, dans cette

portion du spectre, des bandes d'absorption tranchées. Dans le rouge, entre C et B, on devine des raies qui seraient spéciales au spectre de Mars ; mais il n'a pas été possible de fixer leur position à cause de la trop faible intensité lumineuse. »

Telles sont les principales observations faites en ces dernières années sur la planète Mars. Nous n'avons pu qu'en faire très-peu pendant l'opposition de 1875, parce que la planète est toujours restée très-bas sur l'horizon de Paris. Les résultats obtenus n'ajoutent rien à ceux des observations de 1871 et 1873 ; mais, en 1877, la planète passera à son minimum de distance, et se retrouvera dans les conditions astronomiques de 1862, ce qui ne se renouvelle que de quinze en quinze années (*).

La planète Mars est sphéroïdale, aplatie à ses pôles et renflée à son équateur. Mais quelle est la valeur exacte de son aplatissement? C'est ce qu'il est difficile de dire, malgré les nombreuses observations spécialement faites pour le mesurer. William Herschel porta cet aplatissement à $\frac{1}{16}$; Schröter le réduisit à

(*) On a vu plus haut (p. 6) qu'il m'a semblé que la coloration rouge de Mars était moins intense au mois de juin 1873 que d'habitude. M. Liagre a appelé sur cette observation l'attention de M. Terby (p. 13). M. Terby a répondu (*Bulletin académ. de Belgique*, 6 nov. 1875), qu'il n'a pas été frappé d'une différence, mais qu'il n'y a point donné d'attention spéciale. Mais je viens de remarquer que mon observation de 1873 a été faite aussi par d'autres astronomes, et rapportée par M. Kononewitsch à la réunion de l'Astronomische Gesellschaft à Leyde, août 1875.

$\frac{1}{80}$; Bessel déclara cet aplatissement insensible, même dans la grande lunette de Kœnigsberg ; Arago en fit l'objet d'études spéciales à l'Observatoire de Paris, depuis 1811 jusqu'en 1847, et en a conclu le chiffre de $\frac{1}{33}$; Kaiser, dans ses nombreuses observations faites à Leyde en 1862, a trouvé $\frac{1}{118}$.

Toutes ces valeurs sont trop fortes pour la théorie de l'attraction. Le globe de Mars, tournant moins vite que la Terre et étant plus petit, ne développe à son équateur qu'une force centrifuge beaucoup plus faible que celle qui est développée par le mouvement de rotation de la Terre, et son aplatissement polaire devrait être plus faible que celui de notre globe, qui est de $\frac{1}{294}$.

Laplace rendait compte de cette discordance en supposant que des soulèvements locaux analogues à ceux dont on voit les effets en diverses régions du globe avaient pu avoir relativement une plus grande influence sur la figure d'une petite planète que sur celle de notre globe. Arago conteste la valeur de cette explication en répondant que la forme de Mars semble très-régulière : tout paraît semblable au nord et au midi de l'équateur ; ses mesures de diamètres à 45 degrés lui ont donné des longueurs intermédiaires entre ceux des pôles et de l'équateur, comme l'exige la forme elliptique ; cependant nous avons vu tout à l'heure que Schröter suppose par ses observations qu'il y a dans l'hémisphère méridional des montagnes plus élevées que dans l'hémisphère nord. M. Amigues a proposé récemment à l'Académie des Sciences une explication différente et fort originale, fondée sur l'analyse géométrique de la question.

Imaginons un corps placé à l'équateur d'une planète. Appelons F l'attraction du corps par la planète, F′ la force centrifuge que l'on applique à ce corps lorsqu'on veut faire abstraction de la rotation de la planète. On sait que le rapport $\frac{F'}{F}$ est le même pour tous les corps placés à l'équateur d'une même planète : Laplace le représente par la lettre φ. Le nombre φ change de valeur d'une planète à l'autre, mais il est toujours assez petit.

Les géomètres, partant de cette hypothèse que la matière du système solaire a été fluide à l'origine, en ont tiré cette conclusion que, pour toute planète ressemblant à une sphère, l'aplatissement doit être compris entre $\frac{1}{2}\varphi$ et $\frac{5}{4}\varphi$.

Ces prévisions se trouvent justifiées par les observations. Il y a pourtant une exception pour la planète Mars, dont l'aplatissement dépasse $\frac{5}{4}\varphi$. On a vu dans cette circonstance une objection sérieuse à l'hypothèse de la fluidité primitive des astres.

Mais les géomètres n'ont peut-être pas abordé le problème des sphéroïdes avec toute la généralité désirable.

En effet, ils ont tous admis dans leurs théories que la densité des couches diminue sans cesse depuis le centre du sphéroïde jusqu'à sa surface. Or rien ne prouve *a priori* que toutes les planètes soient placées dans ces conditions. Imaginons, par exemple, qu'une planète se soit refroidie et durcie en prenant une certaine forme et que plus tard, par suite de circonstances qu'il n'est pas impossible d'imaginer, un amas de

matière cosmique passant dans le voisinage de cette planète et attiré par elle se soit répandu à sa surface comme un torrent de lave. Voilà un sphéroïde dans lequel les couches superficielles pourront être plus denses que les couches centrales.

Le problème général des sphéroïdes pourrait être posé sous la forme suivante :

Une masse sphéroïdale dont les parties superficielles sont fluides tourne autour d'un axe passant par son centre de gravité. Le mouvement est lent, c'est-à-dire que le nombre φ est petit. On imagine une sphère ayant pour centre le centre de gravité du sphéroïde, sphère presque aussi grande que lui, mais ne le dépassant en aucun point de sa surface. La matière située à l'intérieur de la sphère a pour densité moyenne ρ (la densité moyenne est la densité d'un corps homogène de même volume et de même masse). Quant à la matière qui est située hors de la sphère et qui est répandue sur sa surface en couche mince et continue, on la suppose fluide, homogène et de densité ρ'. Dans ces conditions, supposé qu'il y ait une figure d'équilibre peu différente de la sphère, on demande de trouver cette figure.

Ce problème est évidemment indéterminé, et l'on voit sans peine que la figure cherchée dépend de la disposition de la matière dans l'intérieur de la sphère. On peut faire disparaître cette indétermination incomplétement ou complétement. C'est ce dernier parti que nous allons prendre.

Nous supposerons que la sphère ci-dessus se compose de couches sphériques, concentriques à cette sphère et homogènes. Cette hypothèse a plusieurs avantages :

1° elle paraît s'écarter assez peu des conditions physiques de la question ; 2° elle conduit à un problème déterminé, quelle que soit la loi suivant laquelle varie la densité des couches ; 3° elle donne lieu à un calcul facile.

Ce calcul, fait par les moyens ordinaires, c'est-à-dire en employant les fonctions de Laplace et en négligeant les quantités du second ordre, conduit au résultat que voici.

La masse prend la forme d'un ellipsoïde dont l'aplatissement est donné par la formule suivante :

$$(1) \qquad \frac{\varphi}{2\left(1-\frac{3}{5}\frac{\rho'}{\rho}\right)}.$$

N'oublions pas que notre calcul n'est relatif qu'à un sphéroïde et que, par conséquent, la formule (1) n'est légitime que lorsqu'elle donne pour l'aplatissement une valeur positive et assez petite. Il faut pour cela que $\frac{\rho'}{\rho}$ ne soit pas un nombre trop grand.

Discussion :

1° Pour $\rho' = \rho$ on obtient $\frac{5}{4}\varphi$, résultat de Newton.

2° Pour $\rho' = 0$ on obtient $\frac{1}{2}\varphi$, résultat d'Huyghens.

3° Quand $0 < \frac{\rho'}{\rho} < 1$, l'aplatissement est compris entre $\frac{1}{2}\varphi$ et $\frac{5}{4}\varphi$: c'est ce qui arrive dans le cas traité par Laplace et la plupart des géomètres.

4° Quand $\frac{\rho'}{\rho} > 1$, l'aplatissement dépasse $\frac{5}{4}\varphi$: tel est le cas qui n'a pas encore été examiné.

Appliquons ces formules à la planète Mars. Son aplatissement probable est $\frac{1}{33}$: il est assez faible pour qu'on puisse appliquer la formule (1). La valeur de φ relative à la planète Mars étant d'ailleurs 0,0045866, nous obtiendrons, d'après la formule (1), la relation suivante :

$$\frac{1}{33} = \frac{0,0045866}{2\left(1 - \frac{3}{5}\frac{\rho'}{\rho}\right)}.$$

Nous avons ainsi une équation du premier degré, qui donne sans peine

$$\frac{\rho'}{\rho} = 1,54.$$

Les conclusions de M. Amigues sur la forme de Mars sont les suivantes : 1° la planète s'est formée en deux ou plusieurs fois, 2° la densité moyenne des couches superficielles est 1,54 de la densité moyenne du noyau, c'est-à-dire, en somme, de la planète.

Il est curieux de rapprocher ce résultat, et la divergence qui subsiste entre l'aplatissement polaire de Mars et la forme sphéroïdale indiquée par la théorie, du fait de l'existence des petites planètes, voisines de l'orbite de Mars, et non sphériques pour la plupart, polyédriques au contraire, et montrant par leurs figures qu'elles ne se sont pas formées séparément à l'état fluide, mais sont les débris de quelque catastrophe céleste. Cette région du système solaire garde encore un mystère.

II.

LA PLANÈTE JUPITER.
CHANGEMENTS OBSERVÉS A SA SURFACE.

On sait que la planète Jupiter est enveloppée d'une atmosphère toujours chargée de nuages ou de brouillards, et que nous ne voyons pas au télescope la surface même de la planète, mais seulement l'aspect général présenté par l'enveloppe atmosphérique nuageuse réfléchissant la lumière du Soleil. Nous voyons Jupiter comme nous verrions la Terre du haut d'un ballon, par un ciel entièrement couvert, le ballon étant supposé planer au-dessus de toutes les couches de nuages. En général deux bandes grises traversent le disque entier de la planète de chaque côté de l'équateur. Les régions équatoriales sont plus lumineuses aussi que les régions tempérées et circompolaires situées de part et d'autre des bandes. En examinant attentivement les détails d'un point quelconque du disque, on remarque toujours des irrégularités, des flocons, des traînées, des contours vaporeux ou déchirés montrant que, dans les régions les plus blanches comme dans les plus grises, c'est toujours une plaine de nuages que l'on a sous les yeux, et non, comme dans Mars par exemple, le sol de la planète.

Cela posé, il ne peut pas être surprenant qu'une étude constante et attentive, à l'aide de forts pouvoirs

grossissants, finisse par déceler des variations dans la forme comme dans la teinte des traînées nuageuses. Quoique Jupiter n'ait pas de saisons, puisque son axe est à peine incliné et que le Soleil reste à peu près dans son équateur pendant toute son année égale à douze des nôtres, quoiqu'il n'ait pas de climats variés comme ceux qui parsèment la Terre, cependant la rotation rapide de la planète, les marées produites par les quatre satellites, la constitution du sol, etc., etc., ne peuvent pas ne pas donner naissance à des variations météorologiques, à des vents et des météores qui modifient la disposition, l'intensité et la forme des nuages et des courants aériens.

On constate des changements réels dans l'aspect de Jupiter. Ce qu'il y a d'extrêmement curieux et ce qui mérite d'être recommandé spécialement à l'attention de tous les astronomes, c'est que ces changements ne paraissent pas fortuits, mais soumis à une loi de périodicité bien singulière. On sait que les taches du Soleil varient en nombre d'année en année, et que tous les onze ans environ il y a un maximum. Les derniers maxima sont arrivés en 1848, 1860, 1870; les derniers minima en 1844, 1856, 1867. Ces périodes coïncident sur la Terre avec l'oscillation de l'aiguille aimantée et la fréquence des aurores boréales.

Les changements observés sur Jupiter consistent surtout en taches blanches disséminées le long des zones tropicales, œufs brillants, espèces de sabords, déchirures, etc., qui apparaissent sur les traînées nuageuses. De plus, ces trainées elles-mêmes semblent se colorer, et, au lieu de rester grises, devenir rou-

geâtres, orangées ou ocrées, suivant leur position.

Telle est l'impression qui résulte des observations faites en 1870; mais les dessins compris entre 1867 et 1863 sont complétement dépourvus de ces appendices et de ces nuances. Ceux de 1859 à 1861 les indiquent parfaitement. Ceux de 1856 n'ont aucun détail, quoiqu'ils aient été faits par des observateurs tels que Piazzi Smyth, au sommet du Ténériffe, et Warren de la Rue. Ceux de 1868, faits par Lassell et Dawes, montrent les taches brillantes. Ainsi il semble constant que l'atmosphère de Jupiter soit soumise à des variations périodiques, correspondant probablement avec les taches du Soleil.

Il est certain que des changements arrivent notamment dans la couleur de la bande équatoriale de Jupiter.

Les observations de 1867, 1868 et 1869 présentaient cette bande comme lumineuse, blanche et dépourvue de coloration. Pendant plusieurs années, M. John Browning, l'habile opticien anglais, a observé très-régulièrement Jupiter avec un réflecteur d'une grande ouverture. Chaque fois la bande nuageuse équatoriale avait été sans couleur et la partie la plus brillante du disque de la planète ; mais, pendant le mois d'octobre 1869, cette bande a été constamment d'un jaune verdâtre intense, et plus sombre que les bandes brillantes au nord et au sud. La couleur était presque exactement celle qui est connue des artistes sous le nom de *laque jaune*.

La très-petite densité de Jupiter pourrait provenir de l'existence d'une enveloppe nuageuse d'une énorme étendue. Il serait possible aussi que toute la lumière de

Jupiter ne fût pas de la lumière réfléchie, mais qu'une certaine partie de cette lumière fût émise par le corps de la planète. Comme elle est de beaucoup la plus considérable du système solaire, elle a dû sans contredit se refroidir beaucoup plus lentement que les autres.

Un changement dans la couleur de la planète doit indiquer quelque changement considérable soit à la surface, soit dans son atmosphère.

Dans l'automne de 1869 et l'hiver de 1869-1870, cette planète a présenté des couleurs remarquables, et ses bandes ont subi des variations inaccoutumées dans leurs nuances et leurs formes. Le Dr Mayer, astronome des États-Unis, a publié dans le *Journal of the Franklin Institute* des observations intéressantes que nous allons résumer.

Le 5 janvier 1870, la nuit étant fort claire, l'auteur put apercevoir avec beaucoup de netteté le disque de Jupiter, et observer une ligne elliptique rougeâtre qui se trouvait alors au-dessous de la partie australe de sa bande équatoriale, à quelque distance du bord oriental, environ à la moitié du grand axe. Ce phénomène paraissait si extraordinaire que l'auteur se défia d'abord de son observation; mais, en regardant attentivement, il vit l'ellipse devenir de plus en plus distincte à mesure qu'elle approchait du centre, en restant toujours à la même distance de la bande équatoriale. L'auteur a suivi cette ellipse jusqu'à ce qu'elle fût à peu près réduite de moitié par le bord extérieur occidental et qu'elle eût en partie disparu.

M. Mayer croit que les masses presque détachées qui formaient la bande sombre équatoriale du côté aus-

tral, avec leurs lignes dirigées dans un sens opposé à celui de la rotation de la planète, peuvent être prises pour des amas de vapeurs ou de nuages colorés, et non pour des solutions de continuité dans une couche brumeuse, solutions qui laisseraient voir le corps rougeâtre de la planète. La forme elliptique de la ligne observée au-dessous de la bande équatoriale semble venir à l'appui de cette opinion, qui n'est cependant pas généralement adoptée, et qui même ne paraît pas facile à démontrer.

Il n'est pas aisé non plus d'expliquer l'existence de l'ellipse observée, dont le grand axe était au petit dans le rapport de 1 à 0,57 environ. Serait-il trop téméraire, dit l'auteur, de la regarder comme une masse sombre de vapeurs dégagées près de l'équateur de la planète et formant, comme les cyclones de l'hémisphère méridional de notre Terre, un vaste tourbillon aplati par le rapide mouvement rotatif de l'astre (784 kilomètres par minute à son équateur)? L'ellipse était plus plate au nord qu'au sud, ce qui semble en harmonie avec la différence des vitesses angulaires de ses deux côtés.

En 1870, la bande équatoriale du sud a subi des changements irréguliers et violents, et la couleur de la planète a présenté des variations remarquables.

La surface de Jupiter était généralement d'un jaune pâle, traversé par des bandes d'un gris brunâtre; quelquefois, mais rarement, cette surface sembla rose. Dans certains cas, le brun disparut entièrement, et les bandes ne furent plus que des raies blafardes sur un fond jaune pâle.

En 1871 et 1872, M. Lassell dirigea vers cette belle

planète son grand télescope, et fut surpris de l'accroissement d'éclat et de coloration qu'elle offrait alors. Son idée préconçue était au contraire de supposer une certaine exagération dans les vues *coloriées* que l'on a publiées ; mais il était si impossible de se tromper sur cette propriété du disque que son scepticisme commença à céder.

C'est un des avantages d'un réflecteur de Newton, lorsque l'alliage du miroir est bien composé, de représenter les couleurs de la planète plus fidèlement qu'elles ne peuvent l'être par les lunettes, parce que le défaut d'un achromatisme parfait dans celles-ci ajoute généralement quelques modifications aux teintes.

En 1872, la planète a paru également coloriée de nuances remarquables.

Au mois de janvier 1873, M. Tacchini, astronome de l'Observatoire de Palerme, écrivait de son côté à l'Académie des Sciences de Paris que ce vaste monde continuait à montrer à sa surface des particularités assez curieuses. Voici (*fig.* 3) un dessin pris pendant la nuit du 28 janvier 1873, à $11^h 11^m$. Les conditions d'observation étaient très-bonnes, l'atmosphère pure et tranquille, et la planète très-élevée sur l'horizon. Comme l'indique le croquis que nous reproduisons ici, elle n'était pas sillonnée de bandes nombreuses, régulières; mais sa surface était divisée par des zones bien marquées et larges, dont la plus accidentée était la région équatoriale comprise entre les parallèles A et B.

Les parties blanches de cette zone étaient très-vives, comme argentées ; elles correspondent aux lettres

xxx.... de la figure. Il y avait également des taches noires, entourées de la même substance blanche; elles ressemblaient à de petites taches solaires, avec des

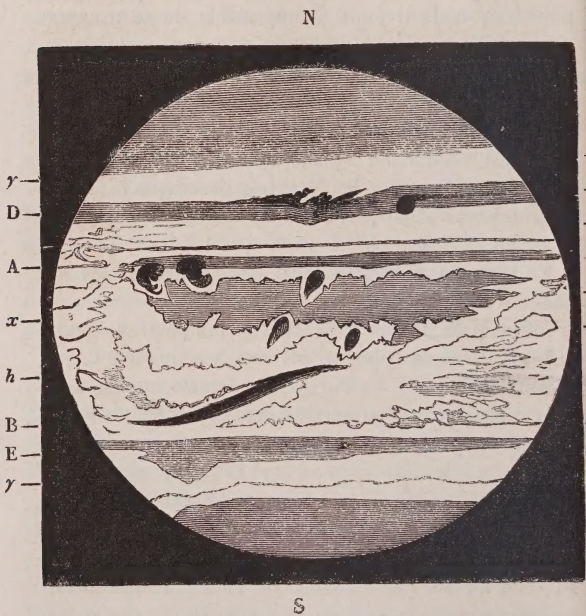


Fig. 3. — Aspect de Jupiter, le 28 janvier 1873.

facules prononcées, et en bas une espèce de ∫ très-allongée, qui, par son contour blanc, se projetait sur un fond de couleur rose (*h*) La région équatoriale près de laquelle se détachent trois espèces de larmes était

légèrement grisâtre ; toutes les autres parties désignées par *yy*.... étaient d'un blanc vif ; la zone C était grisâtre comme *zz*, et, près du bord, entre les lignes obscures D et E, la surface se montrait couverte de nuages blanchâtres ; enfin les deux calottes polaires étaient faiblement cendrées.

» En comparant mes dessins exécutés pendant l'année 1872 et le dessin actuel avec ceux de 1867 et 1871, ajoutait l'astronome de Palerme, on voit que la planète se trouve dans une période particulière d'activité qui mérite d'être étudiée. »

M. le Dr Terby, de Louvain, a fait en 1872 et 1873 une série remarquable d'observations et de dessins de la même planète, qui ont été publiés par l'Académie de Belgique.

En comparant les dessins de 1873 à ceux que le même observateur a faits en 1872, on remarque une différence notable d'aspect : la zone passant par le centre du disque en 1872, zone très-large et composée de bandes fines et très-rapprochées, a fait place, en 1873, à plusieurs zones très-nettement séparées. Deux dessins seuls rappellent l'aspect de l'opposition précédente. Plusieurs s'éloignent de l'aspect typique attribué généralement à la planète.

En 1872, l'auteur avait été frappé de la différence d'éclat des deux calottes polaires, les régions septentrionales se montrant généralement plus sombres que les régions méridionales. En 1873, ce caractère n'a pas présenté la même constance, le sud a souvent paru aussi sombre que le nord ; mais la calotte polaire australe présentait parfois de moindres dimensions. Il faut

remarquer aussi la constance de la bande fine et très-sombre qui se trouve immédiatement au-dessus de la calotte septentrionale. Une figure faite le 23 janvier 1873 offre, dans les régions méridionales, une bande munie d'une pointe dirigée vers le nord, aspect qui rappelle tout à fait celui qu'offrait une bande de même situation en 1872.

Si l'on tient compte de la durée de rotation, on constate, par l'inspection de ces dessins, que plusieurs détails de la surface et l'ensemble général de certaines configurations ont pu être observés plusieurs fois ; les figures du 28 février, 26 mars et 31 mars représentent à fort peu près le même hémisphère, et l'on y retrouve une sorte d'arc sombre dont une extrémité passe par le centre du disque. Il en est de même des figures des 22 et 25 mars, où l'on trouve une tache très-noire et un aspect presque identique.

La figure du 8 mars contient une bande sombre remarquable qui, après avoir longé le bord de la grande zone équatoriale, s'incline vers le nord pour reprendre ensuite sa direction primitive. Plus d'un mois auparavant, le 26 janvier, l'auteur avait observé déjà, dans la même région, une bande semblable se recourbant vers le nord.

La première explication qui s'offre sur la variabilité de nuance et d'éclat de la planète, c'est de supposer que l'atmosphère terrestre en est la cause. En effet, la transparence et l'état optique de notre atmosphère varient dans des proportions considérables. Cependant, quoique cet état puisse entrer pour une

part dans la production de la variabilité, il est loin de l'expliquer tout entière : 1° parce qu'il ne produit pas le même effet sur les autres planètes ; 2° parce qu'il n'explique pas la lumière propre de Jupiter relativement à ses satellites.

L'examen de la belle aurore du 4 février 1872 m'amena à penser que l'éclat de Jupiter pourrait bien être dû à des aurores ou des phénomènes analogues produits sur cette planète. Dans une description de cette aurore du 4 février, voici même ce que j'écrivais (*Illustration* du 10 février 1872) : « Un fait extrêmement curieux, c'est qu'il paraît exister des phénomènes analogues sur la planète Jupiter. Son aspect est plus détaillé que de coutume, et il y a dans son atmosphère des traînées si lumineuses que j'ai remarqué pendant le passage du quatrième satellite sur cette planète, le 30 décembre dernier, qu'il paraissait *noir*, par contraste, quoique ce satellite soit parfaitement blanc lorsqu'on le voit à côté de la planète sur le fond du ciel. »

On peut expliquer ce contraste en supposant que le sol du satellite était dans cette situation moins bon réflecteur que les nuages de Jupiter ; mais on peut aussi penser que Jupiter émet, parfois au moins, une lumière propre. Notre planète manifeste la même faculté dans les aurores boréales. Quoi de plus naturel d'admettre que ce sont là deux manifestations de même ordre?

Dès cette époque, j'avais fait part de ces réflexions à plusieurs astronomes et météorologistes, et j'ai remarqué que M. Silbermann, entre autres, en a tenu compte dans sa nouvelle synthèse sur les phénomènes cosmiques. On lit dans une de ses Communications à

l'Académie des Sciences (*Comptes rendus* du 26 février 1872, p. 641) : « Un fait d'une haute importance a été observé par M. Flammarion. En observant Jupiter, il a constaté avec surprise qu'un satellite qui passait devant le disque paraissait noir, par contraste avec la lumière provenant de l'atmosphère de cette planète. Ce qui porte naturellement à admettre que M. Flammarion a été témoin d'une aurore dans l'atmosphère de cette planète. Peu de temps après éclataient sur terre les aurores des premiers jours de janvier 1872; puis on constatait le surgissement extraordinaire de protubérances et de gerbes énormes sur l'atmosphère solaire, se profilant sur les bords du disque. Or le point radiant des étoiles filantes, vues pendant les aurores des 4 et 22 février, correspondait à la position de Jupiter sur la voûte céleste, etc. »

J'ajoutais que si Jupiter a quelque lumière propre, et si cette lumière offre quelque rapport avec celle émise par la Terre dans les aurores magnétiques, il y a toutefois une différence entre les deux mondes : c'est que chez nous les pôles sont privilégiés, tandis que sur Jupiter les régions tropicales et tempérées paraissent plus variables en luminosité que les régions polaires.

Lord Rosse a présenté à la Société astronomique de Londres vingt et un dessins coloriés de la planète Jupiter, faits à Parsonstown, avec un télescope de 6 pieds anglais, pendant les années 1872 et 1873. Voici le résumé de ces observations. Les grossissements employés ont varié de 120 à 414, suivant l'état de l'atmosphère.

Dans la soirée du 31 décembre 1872, on a remarqué que la calotte polaire sud ou supérieure était grise; au-dessous s'étendaient une zone blanche, ensuite une bande grise parallèle, ensuite une seconde zone très-blanche; venaient ensuite les bandes équatoriales moins rouges qu'elles n'étaient au printemps de 1872, et parsemées de nuages sombres de chaque côté de l'équateur. L'hémisphère boréal était traversé de bandes analogues à celles de l'hémisphère austral, mais sa calotte polaire était plus sombre que celle du sud.

Le 17 janvier 1873, on remarqua également que la couleur de la bande équatoriale n'était pas si intense que l'année précédente, et que la région centrale était même presque blanche, mais bornée au nord et au sud de régions très-colorées. Le premier satellite émergeait du disque et paraissait coloré d'un beau jaune et beaucoup plus faible que la planète.

Le 22 janvier, le pôle sud était nuancé d'un ton jaunâtre; on voyait un endroit rougeâtre vers l'extrémité orientale de la zone blanche tropicale sud, et un grand nombre de taches très-blanches grandes et petites le long de l'équateur. La zone polaire boréale était d'une teinte gris-ardoise uniforme.

Le 26 janvier, on remarqua le passage de l'ombre du troisième satellite, qui était absolument noire. Trois grandes taches ovales blanches croisaient obliquement la zone équatoriale, le pôle nord était d'un gris bleu prononcé.

Il serait fort long de rapporter en détail toutes ces observations dont beaucoup se ressemblent. En général la nuance de la planète a été jaunâtre, et les régions

équatoriales ont montré une teinte tirant sur le marron; le pôle supérieur ou sud était jaune et le pôle inférieur bleu-ardoise, toutes ces nuances étant d'ailleurs très-légères. Parfois, comme le 24 janvier, on a vu l'équateur marqué par un chapelet de taches blanches ovales; parfois aussi, comme le 8 février et le 22 mars, on a vu une tache bleue bien marquée sur la zone équatoriale. L'ombre du second satellite a été observée le 27 février: c'était une tache ronde parfaitement noire. L'aspect de la planète s'est montré d'ailleurs sensiblement différent chaque jour d'observation.

Parmi toutes les taches dessinées, la plus remarquable est une grande interruption dans le côté sud de la bande équatoriale; lord Rosse l'a observée en sept époques différentes; M. Knobel et M. Terby l'ont également observée. Cet aspect a été d'une longue durée, puisqu'on l'a vu en décembre 1872 et en mai 1873. A l'aide de cette marque, lord Rosse a essayé de déterminer de nouveau la durée de rotation de la planète; il s'est servi aussi de deux taches situées dans la partie boréale de la zone équatoriale et a trouvé, par une série de calculs, $9^h 55^m 3^s 8$ et par une autre série $9^h 54^m 55^s,4$.

« En prenant avec Schmidt, dit-il (*Astronomische Nachrichten*, n° 1973), la vitesse de rotation de Jupiter égale à 40211 pieds français par seconde, laquelle s'accorde exactement avec la période de Mädler, de $9^h 55^m 26^s$, temps moyen (*), nous avons, pour les

(*) Mädler, *Beiträge zur physischen Kumtniss der himmlischen Körper im Sonnensysteme;* Weimar, 1841 : $9^h 55^m 26^s,5324$.

mouvements propres des taches, + 25p, 6 et + 35p, 1 par seconde »

Schmidt a donné un grand nombre d'exemples de mouvements propres de taches sur Jupiter, s'élevant depuis 10 pieds jusqu'à 297 pieds par seconde.

Les nuits du 22 janvier, du 10 et du 11 avril 1873 ont été très-favorables aux observations. On comprend aisément que la définition des objets dans un télescope de 6 pieds d'ouverture est plus ou moins précise, même dans les meilleures nuits ; souvent tous les petits détails d'un disque brillant comme celui de Jupiter sont mélangés dans une confusion inextricable, et ce n'est que dans les instants de grande pureté que l'image devient tout à coup claire et précise ; les petits nuages blancs ne sont visibles que dans cette circonstance, et il en est de même des petites lignes sombres. Ces dernières paraissent se rapporter à celles que le P. Secchi a décrites dans les *Mémoires de l'Observatoire du Collége romain*, 1852-1855, p. 114, avec cette différence que ce qu'il a décrit comme *una grande moltitudine di linee chiare nella parte oscura sotto la fascia principale* a toujours été vu *as a number of fine dark lines on a bright ground.*

Ces faisceaux de fines lignes sombres ont été mentionnés aussi par Schwabe et Jacob, mais on ne voit rien d'analogue dans les beaux dessins dus à Warren de la Rue et à Piazzi Smyth.

La grande perte de couleur présentée par la bande équatoriale en 1873 a été le sujet d'une remarque générale. En janvier et février 1872, cette coloration était encore très-marquée. Elle était si grande

pendant l'automne de 1870 que Jupiter paraissait sensiblement coloré à l'œil nu.

Enfin il est également remarquable que, tandis que les régions australes et équatoriales de Jupiter pendant l'opposition de 1873 étaient soumises à d'aussi grands changements, les régions boréales et spécialement la bande sombre visible entre les régions équatoriales et la calotte polaire nord sont restées à peu près invariables.

On voit que Jupiter ne manque pas plus que Mars d'observateurs attentifs à noter ses moindres variations d'aspect. Parmi les belles séries d'observations et de dessins faites depuis plusieurs années sur ce sujet, nous signalerons en particulier les études de M. Joseph Gledhill à l'observatoire de M. Crossley, à Halifax (Angleterre). On peut comparer sur cette belle série toutes les variations d'aspect que la planète a présentées depuis le mois de novembre 1869. Les dessins de décembre 1869 et janvier 1870 montrent sur l'équateur une large bande sombre percée d'espaces blancs, de telle sorte que cette bande offre un peu l'aspect d'un viaduc ; 'effet est complété par la largeur inférieure de la bande, qui est occupée par des vagues, tandis que la partie supérieure est mince comme celle d'un pont. Au-dessous on remarque aussi à première vue une bande mince très-foncée. Dans l'opposition suivante (décembre 1870-janvier 1871), l'aspect de l'équateur rappelle encore un peu le précédent, mais avec moins d'intensité : les espaces blancs sont très-réduits et parfois invisibles. L'équateur est toujours occupé par une large bande, au-dessous de laquelle on en remarque une autre plus mince. Des taches noires, variables de formes,

sont visibles sur les latitudes extra-tropicales. Les dessins de 1872, faits au mois de février, ne montrent plus aucun des aspects précédents. L'équateur y est généralement marqué par une large zone plus blanche que le reste du disque, parfois grise, mais jamais aussi foncée qu'une mince bande située au-dessous, dans la position de celle que nous avons remarquée en 1870 et 1871. Cette même bande mince et foncée se voit sur tous les dessins de 1873 (mars à mai). La zone équatoriale est marquée par des masses nuageuses irrégulières et inclinées sur l'équateur suivant un angle considérable. Il n'y a presque aucune coloration. Le pôle nord parut plusieurs fois plus sombre que le pôle sud. D'immenses taches claires se montrent souvent sur la zone équatoriale. En 1874, M. Gledhill a remarqué, notamment le 23 avril, des taches brillantes, rondes comme des satellites, ressortant sur la lisière de la calotte polaire australe ou supérieure. A l'est (ou à droite) de ces taches brillantes, il y avait une brèche dans la bordure de la zone circompolaire. Ce double phénomène, taches brillantes et brèche, avait déjà été observé en novembre et décembre 1869, janvier, octobre et novembre 1870, et janvier 1872. On les a rarement vues au nord de l'équateur.

L'instrument de M. Gledhill est une lunette de 9 $\frac{1}{3}$ pouces anglais d'ouverture et de 12 pieds de distance focale. Le grossissement habituel employé dans ces observations a été de 240.

Après avoir pendant plusieurs années observé Jupiter par simple curiosité, j'ai entrepris de mon côté, en 1874, une série d'observations régulières sur ses varia-

tions d'aspect, en essayant de les rendre par le dessin aussi exactement que possible. Mais c'est un fait étrange que plusieurs dessins faits à la même heure par des personnes différentes et avec des instruments différents diffèrent souvent tellement l'un de l'autre qu'on ne trouve parfois entre eux qu'une très-faible ressemblance, et sont plus dissemblables que des dessins faits à des années d'intervalle dans un même instrument! Le Chapitre suivant est consacré à ces observations.

IV.

OBSERVATIONS DE LA PLANÈTE JUPITER PENDANT L'OPPOSITION DE 1874.

La planète Jupiter est le monde le plus considérable de tout le système solaire, c'est le personnage principal de la grande famille de l'astre radieux; c'est la province la plus vaste de cette immense République dont la Terre n'est qu'un modeste département ; mais c'est encore un des globes les moins connus et l'un de ceux qui demandent à être étudiés au télescope avec le plus de soin et d'assiduité. Or le caractère le plus curieux et, si l'on ose le dire, le plus original de cette planète est précisément la singulière variété qu'elle présente aux observateurs. Elle ne reste pas la même deux années de suite, ni même deux jours de suite. A l'exception du fait constant des bandes ou traînées sombres qui traversent toujours son disque de l'est à l'ouest, et qui sont certainement le résultat de son rapide mouvement de rotation, elle offre dans les détails de son aspect la plus étonnante variabilité. Tantôt ses bandes caractéristiques sont étroites, tantôt elles sont larges ; tantôt elles se touchent et tantôt elles sont séparées par des intervalles lumineux. Un jour elles sont parsemées de taches blanches ; un autre jour elles paraissent unies et formées d'une teinte plate uniforme. Parfois les bords de ces bandes sont déchiquetés comme des nuages bouleversés et déchirés ; par-

fois ils se dessinent sous la forme d'une parfaite ligne droite. Quelquefois le disque de Jupiter est tout entier illuminé et coloré en jaune orange comme par la lueur d'une immense aurore boréale ; quelquefois aussi il paraît plus terne et plus assombri. Il y a des taches, soit sombres, soit claires, qui ont persisté pendant plusieurs mois et même plusieurs années ; il en est, au contraire, qui ne durent que quelques heures. Enfin, la variabilité de ce monde est telle, qu'il offre à l'observateur et au penseur l'un des plus grands et des plus intéressants problèmes de l'Astronomie planétaire.

Le fait aujourd'hui constaté, que la planète Jupiter éprouve des variations continuelles d'aspect, m'a engagé à examiner avec la plus grande attention possible les détails de sa surface, et à les dessiner toutes les fois que notre atmosphère est assez pure pour le permettre. Trois années d'observations assidues de ce monde m'ont déjà prouvé que non-seulement il présente des variations superficielles rapides d'un jour à l'autre, mais encore que son aspect général varie lui-même dans son ensemble d'une année à l'autre. Ainsi, en 1874, à travers les diversités de chaque jour, on remarque un fait général : c'est que deux bandes s'étendent sur la région équatoriale, et que l'une, celle du haut (image droite) ou du nord, est *jaune* et *très-claire,* tandis que l'autre, celle du bas ou sud est très-foncée et de *couleur marron* ou *chocolat*. Ces deux bandes, qui parurent contiguës jusqu'au 21 avril, se montrèrent ensuite séparées l'une de l'autre par une zone blanche d'une largeur variable. Un autre fait remarquable a été la différence de nuance des deux calottes polaires : la

boréale a toujours été nuancée de bleu violacé, tandis que l'australe est restée plus jaune et moins foncée. La plus sombre partie du disque a toujours été la bande sud tropicale, et la plus brillante a été la zone blanche boréale qui règne au-dessus des bandes équatoriales. Des taches blanches elliptiques se sont montrées plusieurs fois, notamment le 30 mars (nos 2 et 3), et les 8 et 17 avril. *Ces taches étaient suivies d'ombres,* non pas nettes comme elles, mais vagues et finissant par une traînée anguleuse, comme si cette ombre tombait, non sur un terrain solide, mais à travers une atmosphère étagée de nuées. (J'ai observé le même fait le 16 mai 1875.) D'autre part, les couleurs de Jupiter ont été bien moins marquées qu'en 1873. Or l'aspect de la planète n'est plus le même aujourd'hui. Pendant l'opposition de 1875, j'ai généralement trouvé la région équatoriale marquée par une très-large bande orangée occupant presque le tiers de la largeur du disque, et bordée au nord et au sud par une mince zone blanche. L'équateur même s'est parfois dessiné par une traînée plus claire. Les pôles n'offrent plus leurs différences de l'année dernière, etc.

Les observations suivantes ont été faites à l'aide d'un télescope Foucault de 20 centimètres d'ouverture, dont les oculaires ont varié de grossissement de 100 à 300, suivant l'état du ciel. Les images de la planète sont droites, par conséquent le Nord est en haut, l'Est à gauche ; les mouvements de translation et de rotation de la planète s'effectuent de gauche à droite, dans le sens des flèches.

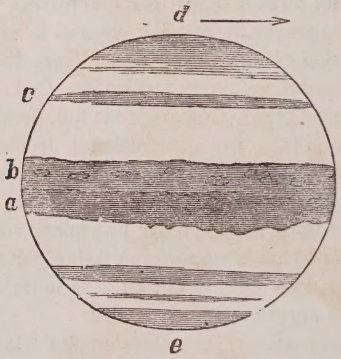
Voici cette description et ces dessins, tels que je

les ai présentés à l'Académie des Sciences et qu'elle les a publiés (*).

Afin d'éviter l'influence de toute idée préconçue, chaque dessin a toujours été fait pendant l'observation même et sans comparaison avec ceux des jours précédents. Les ressemblances qu'ils peuvent offrir entre eux dépendent donc uniquement de l'état de la planète même.

L'opposition a eu lieu le 17 mars.

Fig. 4.



8 mars (*fig.* 4). — La bande la plus marquée du disque est celle qui est désignée en marge par la lettre *a*. Sa nuance est entre le *marron* et le *chocolat*. Elle n'occupe pas juste l'équateur, mais se trouve au-dessous, c'est-à-dire au sud. Cette bande foncée disparaissait en se fondant près des bords.

(*) *Comptes rendus de l'Académie*, 22 novembre 1875.

On remarquait en même temps une bande *jaune* marquant l'équateur, et située au-dessus de la précédente. Elle était un peu moins large que la bande foncée précédente, et parsemée de taches de nuance *orange*. Cette zone équatoriale est marquée *b* sur la figure.

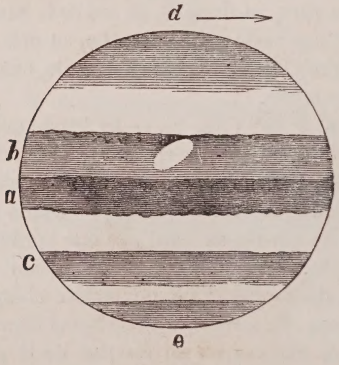
Au-dessus de cette zone s'étendait une région blanche, puis en *c* une légère traînée grise. Après une nouvelle région vide, on distinguait la calotte polaire boréale, nuancée d'une teinte *violacée*.

D'autre part, au-dessous, au sud de la bande foncée, s'étendait une vaste région blanche, au delà de laquelle on distinguait la calotte polaire australe, nuancée d'une teinte *gris jaune*.

30 mars, $8^h 30^m$ (*fig.* 5). — La bande qui se fait remarquer la première est également la bande foncée *a* colorée d'une nuance *jaune-chocolat*, qui s'allonge au-dessous de l'équateur. On remarque ensuite la bande *b*, *jaune clair*, bordée au nord par une bordure un peu plus foncée. Elle porte vers le milieu une *tache blanche*, de forme ovale, qui croise obliquement la bande jaune. En arrière de cette tache blanche relativement au mouvement de rotation de la planète qui s'effectue de gauche à droite, on distingue très-facilement une tache foncée, presque noire, que je prends d'abord pour un satellite ou son ombre ; mais les quatre satellites sont visibles hors du disque, trois à droite et un à gauche : cette tache n'est donc pas due au passage d'un satellite. En l'examinant attentivement, on voit, du reste, qu'elle n'est pas ronde. Cette ombre, qui tient à la tache blanche, et qui la

suit dans son mouvement de rotation, est-elle produite par elle? Je n'ose le décider, car treize jours seulement après l'opposition, le Soleil se trouve presque juste derrière nous et ne semble pas pouvoir produire un pareil angle, à moins que cette tache blanche ne flotte à une grande hauteur au-dessus de la surface de Jupiter. Serait-ce un phénomène analogue à la pluie suivant un nuage? Mais cette tache blanche occupe

Fig. 5.



une surface énorme, et son diamètre surpasse de beaucoup celui de la Terre.

Une zone blanche succède à la bande jaune, et insensiblement se laisse occuper par la calotte polaire boréale, *d*, nuancée d'un léger gris-bleu violacé.

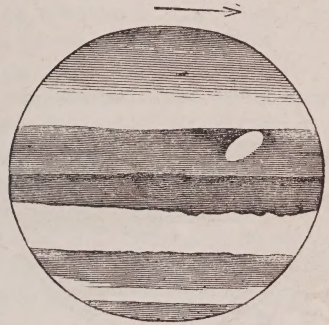
Au sud de la bande foncée s'étend aussi une zone blanche, très-bien définie, au delà de laquelle on distingue fort bien une bande gris jaune foncé, *c*, bordée

comme *b*, au nord, d'un bord plus foncé. Vient enfin, en *e*, la calotte polaire australe nuancée d'un léger gris bleu violacé.

Des nuages passent de temps en temps sur Jupiter : la tache blanche *c* est la marque qui disparaît la dernière.

30 mars, $9^h 30^m$ (*fig.* 6). — Cette observation a été faite une heure environ après la précédente, le même

Fig. 6.



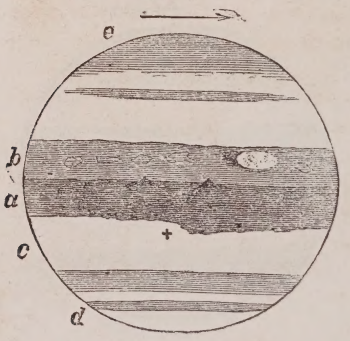
soir, pour constater la marche de la tache blanche dans le sens du mouvement de rotation de la planète. Ce déplacement était très-sensible, comme on le voit. L'ombre suivait toujours la tache; une heure plus tard cette curieuse tache arriva vers le bord occidental de la planète et disparut. L'aspect général de Jupiter n'avait pas beaucoup changé.

Malheureusement le temps s'opposa le lendemain et les jours suivants aux observations qui auraient pu

permettre de suivre cette tache. Toutefois, c'est probablement elle qui est encore visible dans les observations suivantes.

8 avril, $9^h\ 30^m$ (*fig.* 7). — Le trait caractéristique de la planète est toujours la bande chocolat *a*. Au-dessus d'elle, la bande *b* paraît jaune foncé ; on distingue à première vue une tache noire, et devant elle une tache blanche, pâle, beaucoup plus vaste, à peu près

Fig. 7.



ovale. Cet aspect rappelle beaucoup celui qui vient d'être signalé dans les deux précédentes figures, avec ces différences que l'ombre est plus noire, la tache moins lumineuse et non oblique, mais allongée à peu près de l'est à l'ouest. Serait-ce la même tache vue le 30 mars ? En adoptant la rotation de la planète de $9^h\ 55^m$, le méridien de cette tache serait revenu au milieu du disque (au point abordé le 30 mars à $8^h\ 30^m$)

à $2^h 50^m$ et à minuit 45^m le 8 avril. Mais la tache observée était à l'ouest du méridien central de 1 heure environ ; elle était passée en cette position vers $8^h 30^m$. Si c'est la même tache, elle avait un mouvement propre différent du mouvement moyen de rotation de la planète. Cette hypothèse est d'autant plus probable que le 5, à 8 heures du soir, il y avait sur le disque de Jupiter une tache blanche placée comme celle du 30 mars, et qu'à raison de $9^h 55^m$ cette tache-ci aurait dû revenir à $5^h 25^m$ et être invisible à 8 heures. Combien a-t-il été fait de rotations du 30 mars au 8 avril ? C'est ce que l'on ne peut deviner. A-t-elle été plus vite ou moins vite que le corps de la planète? C'est ce que des observations quotidiennes seules auraient pu constater, si le ciel n'avait pas été couvert.

Le 8 avril on remarquait aussi, sur la zone blanche *c*, une région plus lumineuse à l'endroit marqué du signe +. La calotte polaire *d* qui vient après cette zone est d'un gris jaunâtre. Il en est de même de la boréale. En *d* on distingue fort bien une bande grise plus foncée que le fond blanchâtre sur lequel elle se détache.

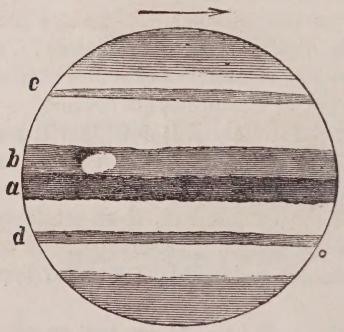
17 avril, $9^h 15^m$ (*fig.* 8). On voit encore une tache blanche sur la bande jaunâtre *b* ; elle avance vers le milieu du disque, où elle arrive vers 10 heures ; elle est également suivie, comme dans les observations précédentes, d'une ombre foncée. Elle est plus ronde que celle du 8 avril et presque sans obliquité. Son passage au méridien central, ayant eu lieu le 17 à 10 heures, aurait eu lieu le 8, à $9^h 25^m$ du soir. Or, le 8, la tache était au centre vers $8^h 30^m$. Si c'est la même tache, la con-

clusion relative à l'indépendance du mouvement est la même que dans le cas précédent.

La bande foncée *a* est très-nettement définie, sa nuance est marron. Aux latitudes désignées par *c* une traînée brune limite nettement les régions boréales circompolaires. On voit une autre bande en *d*, à l'ouest de laquelle arrive le premier satellite qui va disparaître derrière le disque de la planète.

19 avril, $8^h\,0^m$ (*fig.* 9). — Ciel admirable. Jupiter

Fig. 8.



singulièrement curieux à étudier ce soir. L'œil émerveillé y distingue, entre autres curiosités, les détails suivants :

1° Sur l'équateur même *a*, on remarque une tache *blanche* en forme de traînée, suivie par une longue ligne *foncée*, droite et mince.

2° Une autre traînée blanche paraît au-dessus *b*, plus rapprochée du bord occidental et suivie aussi d'une

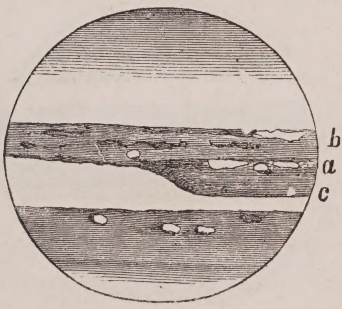
ligne foncée analogue à la première et s'allongeant également jusqu'à l'autre bord.

3° Entre ces deux lignes foncées, la bande est parsemée de petites lignes sombres et comme déchiquetée.

4° Au-dessous de la ligne noire n° 1, une zone foncée *c* arrive obliquement, et la croise au point indiqué.

5° La région qui s'étend au-dessous de cette zone est *très-blanche.*

Fig. 9.



6° Sur les premières latitudes circompolaires australes, on remarque des points plus foncés et trois petites taches blanches.

7° Au-dessus de la traînée n° 2 s'étend une région blanche.

8° La calotte polaire supérieure paraît d'un gris homogène.

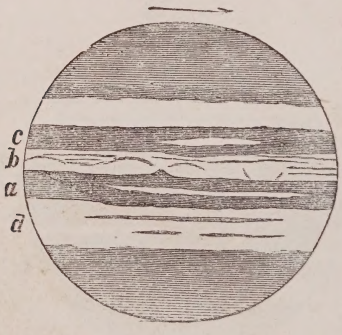
Le détail qui frappe le plus dans cette étrange métamorphose de la planète, c'est la ligne foncée, presque

noire, signalée au n° 1, toute droite, à laquelle vient se greffer la ligne courbe dessinée au-dessous.

On remarque aussi que les taches blanches ont incontestablement des ombres derrière elles.

Ayant suivi la rotation de la planète jusqu'à 9 heures, la tache n° 2 disparut en passant de l'autre côté, et la tache n° 1 arriva près du bord : sa traînée noire ne parut plus aussi droite, mais contournée au point de jonction

Fig. 10.

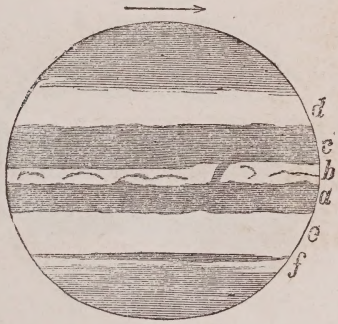


de la courbe qui la rencontre, comme sous l'influence de celle-ci. Après 9 heures, l'observation fut empêchée par des nuages terrestres, lesquels étaient lumineux, fait que j'ai assez fréquemment observé au mois d'avril.

21 avril, $9^h 0^m$ (*fig.* 10). — L'aspect de la planète est de nouveau fortement changé. On remarque en *a* la bande *chocolat ;* elle n'est pas homogène, mais traversée par un filet blanc, et elle se termine à l'est par un angle aigu. La bande *jaune b* est parsemée de noyaux blancs.

Vient au-dessus une bande brune traversée aussi par un filet blanc peu étendu. Après une zone blanche, on arrive aux latitudes boréales ; la calotte polaire est *bleuâtre*. Sur l'hémisphère inférieur ou austral, on remarque d'abord une zone blanche *d*, sur laquelle on distingue un filet gris, et en dessous deux traces filiformes brunes. La calotte polaire australe est *jaunâtre*. On voit quelle différence d'aspect Jupiter offre avec l'avant-veille.

Fig. 11.



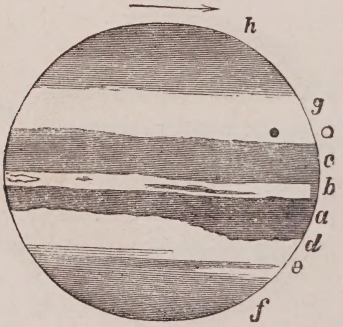
22 avril, $10^h 0^m$ (*fig.* 11). — C'est toujours la bande foncée chocolat qui se fait remarquer la première. Elle présente à l'endroit indiqué une traînée grise, recourbée presque à angle droit, qui traverse la région *b*, blanche, formée de noyaux séparés, et s'étend jusqu'à la région *c* nuancée d'une teinte jaune foncé. *d* est une zone blanche ; il en est de même de *e*. On remarque en *f* une ligne grise.

25 avril, $9^h 15^m$ (*fig.* 12). — La lumière de la Lune ne

géne pas l'observation, quoique Jupiter n'en soit qu'à 20 degrés. On distingue fort bien les marques suivantes, inscrites par ordre de visibilité :

Le premier satellite vient de passer sur la planète, et y produit une ombre absolument noire. Le 25 mars précédent, deux satellites, le deuxième et le troisième, passaient sur la planète : l'ombre du troisième était noire, mais l'ombre du deuxième était *grise*. J'en ai fait l'ob-

Fig. 12

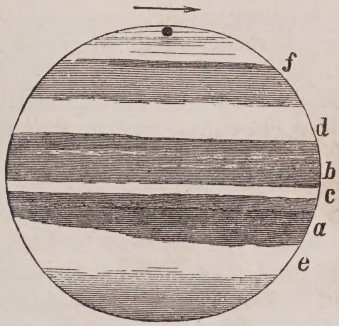


jet d'une Communication à l'Institut concluant en faveur de l'existence d'nne atmosphère autour de ce dernier satellite. Le 25 avril, l'ombre était tout à fait noire, c'est-à-dire normale.

19 mai, $8^h\ 45^m$ (*fig.* 13). — Après une longue série de mauvais temps, voici le premier beau jour du « joli » mois de mai. Le télescope tourné vers Jupiter permet d'y découvrir de curieux détails, et en particulier l'ombre d'un satellite juste sur le pôle de la planète.

C'est une tache ronde, noire comme de l'encre, qui tout d'abord ne semble pas pouvoir être rapportée au passage d'un satellite entre le Soleil et Jupiter, car aucun d'eux n'est sur le disque. Le troisième est à sa plus grande élongation, et ne saurait par conséquent causer cette ombre. Le deuxième est derrière la planète et caché par elle. Le premier est à l'est de Jupiter et marche de l'ouest à l'est; comme la tache marche de

Fig. 13.



l'est à l'ouest, c'est-à-dire en sens contraire, elle ne peut être produite par lui ; d'ailleurs ce satellite se trouvant alors dans la moitié de son orbite la plus éloignée de la Terre ne pouvait projeter d'ombre sur la planète. C'est donc le quatrième satellite qui se trouvait alors à l'ouest de Jupiter et éloigné de trois fois le diamètre de la planète, c'est-à-dire à 120 secondes de distance. C'est à lui, à lui seul, qu'on peut rapporter cette ombre, car il se trouvait alors dans la moitié de

son orbite la plus rapprochée de la Terre, et marchait de l'est à l'ouest. Mais, à coup sûr, c'est la limite extrême à laquelle on puisse observer l'ombre d'un satellite, et c'est aussi la distance extrême à laquelle cette ombre puisse se produire. Je ne sache pas qu'aucune observation semblable à celle-là ait jamais été faite.

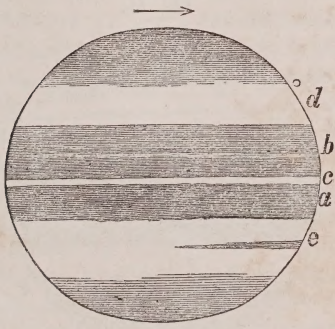
Cette tache noire glissait lentement le long du bord de la planète. A $9^h 30^m$, elle arriva en contact avec le limbe, longea le bord sans sortir et n'arriva à l'échancrer qu'à $9^h 45^m$. Elle employa près d'une demi-heure (vingt-six minutes) à sortir.

Le disque de Jupiter offrait à peu près l'aspect du 25 avril. La bande foncée, nuance chocolat, était la plus apparente ; elle diminuait de largeur depuis le milieu jusqu'au bord oriental. L'équateur était marqué par une traînée blanche *b*. La bande jaune *b* était très-large. Au-dessus s'étendait une zone blanche *d*. La calotte polaire supérieure était *jaunâtre*, et l'inférieure *violacée*. Dans les latitudes circompolaires boréales, on remarquait une ligne *f*, plus foncée que la région. L'ombre noire suivit près du pôle une ligne parallèle.

4 juin, $9^h 15^m$ (*fig.* 14). — Ce qui frappe à première vue ce soir, c'est la teinte sombre de la calotte polaire supérieure, presque aussi foncée que la bande chocolat. Elle paraît d'un gris-ardoise. La calotte polaire inférieure est au contraire nuancée d'une teinte clair jaunâtre. Quant aux détails du disque, on peut signaler la bande *b*, large et d'un jaune clair, la ligne *blanche c*, marquant l'équateur, la zone *d*, très-lumineuse, et la traînée grise *e*, se continuant certainement sur l'autre hémisphère. A $10^h 15^m$ le deuxième satellite sortit de la

planète au point indiqué à droite de la figure. Il n'était guère brillant sur le disque, et son ombre n'était guère noire, car rien n'avait été aperçu, quoique l'observation ait été très-longue et très-attentive.

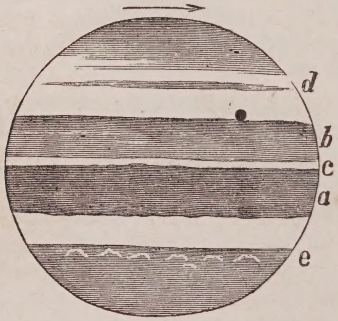
Fig. 14.



10 juin, $9^h 30^m$ (*fig.* 15). — Le dessin suivant a été fait, non au télescope de 20 centimètres, mais à l'aide d'une excellente lunette achromatique de 25 centimètres construite par notre regretté Secrétan, et alors dans ses ateliers; il confirme l'exactitude des précédents sur le seul point qui pouvait paraître douteux à l'observateur. les couleurs indiquées précédemment. En effet, dans cette dernière observation, la bande *a* parut teintée de nuance *chocolat;* la bande *b* parut *jaune* et parsemée de traînées grises; la calotte polaire australe était nuancée d'un gris *jaunâtre* faible, et la calotte polaire boréale d'un léger gris *bleuâtre*. Entre la bande foncée et la bande jaune, on remarquait la ligne blanche déjà

signalée. Au-dessous de la zone blanche et aux premières latitudes australes nuageuses, des cirrhi blancs parsemaient la bande désignée par la lettre *e*. Enfin, une ligne grise était dessinée en *d*. Le premier satellite venait de passer devant la planète, sur laquelle se

Fig. 15.



projetait son ombre noire. Dans ce dessin, la figure est retournée, afin d'être dans la même position que les autres, c'est-à-dire que l'image est droite. Remarquons d'ailleurs qu'au point de vue de l'appréciation exacte des couleurs, le télescope en verre argenté est le meilleur instrument à employer.

Telles sont les principales observations que j'ai faites en 1874 sur la planète Jupiter. En résumé, elles fixent les principaux aspects de la planète en cette période d'opposition ; elles montrent que la surface visible de ce globe est très-variable, mais que pourtant des taches persistent pendant des semaines entières, que

ces taches portent ombre et que cette ombre est diffuse, que l'ombre des satellites est tantôt noire et tantôt grise, que la coloration des diverses zones varie non-seulement d'intensité, mais encore en elle-même. J'espère que ce choix d'observation pourra être de quelque utilité, en l'ajoutant aux nombreuses séries des autres observateurs, pour élucider le problème si intéressant de la constitution physique de ce vaste monde.

Ces variations s'accomplissent-elles *à la surface* de ce globe immense, ou n'ont-elles pas plutôt leur siége *dans l'atmosphère* seulement ? Cette dernière hypothèse est la plus probable ; car, à moins d'admettre que le globe de Jupiter soit encore liquide actuellement, il ne semble pas possible d'attribuer d'aussi rapides changements à sa surface même. Au contraire, il n'y a rien de surprenant à ce que son atmosphère varie comme la nôtre, qui ne reste pas deux jours de suite semblable à elle-même. La conclusion de l'observation de Jupiter n'est pas évidente en faveur de la doctrine de la pluralité des mondes, comme celle qui résulte de l'observation de la planète Mars, planète qui paraît habitée tout aussi bien que la Terre ; mais elle n'est pas défavorable. Jupiter est le monde le plus considérable du système ; il est 1300 fois plus gros que la Terre ; il est gratifié d'un printemps perpétuel ; il est environné d'une atmosphère immense que l'analyse spectrale a montrée être différente de la nôtre comme composition chimique. Sans doute, nous ne voyons jamais la surface même de ce monde, mais seulement l'aspect extérieur de son atmosphère, très-dense et constamment

chargée de nuages. Peut-être se trouve-t-il encore actuellement dans la condition géologique qui caractérisait la Terre à l'époque primordiale où la chaleur était encore énorme à sa surface et où la vie commençait seulement à apparaître. Nous attendrons peut-être bien des années encore avant de rien savoir de bien positif sur les conditions de sa surface, à cause de l'énorme distance qui nous en sépare : 155 *millions* de lieues au minimum. Un télescope grossissant 300 fois ne le rapproche qu'à 500000 lieues à peine et le grossissement de 500, très-rarement et très-difficilement employé, de le ramène qu'à 300000. On doit s'estimer heureux n'avoir déjà pu, malgré cette effroyable distance, mesurer et peser ce globe, constater son rapide mouvement de rotation, analyser son atmosphère, et noter en détail les variations qui s'y accomplissent.

V.

LES SATELLITES DE JUPITER. PHÉNOMÈNES OBSERVÉS SUR CES ASTRES.

Les satellites de Jupiter sont quatre mondes mesurant respectivement 4080, 3450, 6000 et 4200 kilomètres de diamètre, du premier au quatrième. Le troisième atteint, comme on le voit, les dimensions d'une véritable planète, égale à près du double du volume de Mercure, et aux deux tiers du volume de Mars ; il est cinq fois plus gros que notre Lune. Ce sont là des mondes plus importants qu'on ne serait porté à le croire au premier abord.

L'observation des passages des satellites de Jupiter sur le disque de la planète étant actuellement l'objet de discussions importantes de la part de plusieurs astronomes (*), j'ai cru utile de porter à la connaissance de l'Académie une observation curieuse que j'ai faite récemment à cet égard (**).

Le 25 mars 1874, en commençant l'observation de Jupiter, à $8^h\ 45^m$ (temps moyen de Paris), mon attention fut immédiatement frappée par la présence d'une tache ronde, absolument *noire* et nettement définie, située à une faible distance du bord oriental de la planète, et se détachant admirablement sur le fond blanc d'une large zone lumineuse. Ce jour-là, l'équateur de

(*) *Voir* les *Monthly Notices* et les *Astr. Nach.*, 1874.
(**) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 4 mai 1874.

Jupiter était marqué par une ceinture large de 30 degrés environ, de nuance jaunâtre. Au-dessus de cette ceinture équatoriale s'étendait la zone blanche dont je viens de parler. Vers le 50e degré de latitude boréale, la zone blanche cessait pour faire place à une bande grise, qui ne s'étendait pas jusqu'au pôle nord, et s'évanouissait dans une lueur jaune indécise marquant la calotte polaire. Les phénomènes dont il va être question se sont passés, d'une part sur la zone blanche, d'autre part sur la bande grise. Ajoutons, pour compléter la physionomie générale de la planète, qu'au-dessous de la ceinture jaunâtre équatoriale se dessinait fortement une bande grise très-foncée, de nuance chocolat, parsemée de taches et large de 20 degrés environ ; c'était la plus foncée et la plus visible de toutes. Une zone blanche contiguë se dessinait au-dessous et se fondait insensiblement dans la calotte polaire australe nuancée d'une teinte bleu violet. (Voir la *fig.* 16.)

Dans cette description, l'image de la planète est droite, vue dans un télescope de 20 centimètres et sous un grossissement de 300 fois. Bonne atmosphère.

Au-dessous de la tache ronde *noire* dont je viens de parler, et presque en contact avec elle, on en distinguait une deuxième, également ronde, mais non plus noire comme la précédente : elle était *grise*, un peu plus petite, et ressortait néanmoins nettement sur le même fond blanc.

En observant attentivement la planète, je ne tardai pas à distinguer une troisième tache, située à droite des deux premières et plus au nord, vers le méridien central, visible, non plus sur le fond blanc, mais sur

la bande grise boréale. Elle était moins bien définie que les précédentes, très-difficile à bien voir, et à peine plus foncée que la bande grise sur laquelle elle se détachait. Elle paraissait un peu moins foncée que la deuxième, à cause du fond sur lequel elle se dessinait.

Aucune autre tache, claire ou foncée, ne se montrait sur le disque, à part les irrégularités nuageuses des bandes équatoriales.

Après quelques minutes d'observation, on ne tarda pas à voir ces trois taches se déplacer sur le disque de l'est à l'ouest. La tache grise n° 2 étant emportée par un mouvement un peu plus rapide que la tache noire n° 1 cessa d'être en contact avec elle et s'en sépara insensiblement en suivant une diagonale sud-ouest qui la rapprochait de l'équateur. A $9^h 40^m$, ces deux taches se trouvaient vers le méridien central, et la troisième approchait vers le bord. Les teintes relatives restèrent les mêmes. Pendant toute la durée du passage, les deux premières taches restèrent projetées sur la zone blanche, et la troisième sur la zone grise, leurs routes étant presque parallèles à l'équateur de Jupiter.

A $10^h 19^m$ le spectacle changea de face : la tache grise n° 3, arrivant très-près du bord occidental de la planète, cessa d'être visible ; puis, bientôt après, on la distingua de nouveau, non plus foncée, mais claire. En même temps, une quatrième, invisible jusqu'alors, apparut au-dessous, lumineuse aussi. A $10^h 23^m$ ces deux satellites, devenus très-lumineux relativement à la teinte du limbe de Jupiter, se trouvèrent juste sur le bord, ayant la moitié de leurs petits disques en dehors de la planète et la moitié en dedans. A $10^h 28^m$,

le satellite inférieur sortit tout entier, et, aussitôt après, le satellite supérieur se détacha également du limbe. A $10^h 29^m$, ils brillaient entièrement détachés du bord, comme deux points lumineux sur le fond noir du ciel, tandis que les ombres n° 1 et n° 2 continuaient à voyager sur le disque. A $10^h 30^m 20^s$, un autre point

Fig. 16.

lumineux apparut subitement au côté opposé de Jupiter (est) : c'était le premier satellite qui émergeait de l'ombre de la planète et de son disque, l'ombre étant alors presque sur la direction du rayon visuel.

Dans les croquis ci-dessus, le premier des deux dessins représente le disque de Jupiter à $8^h 50^m$. La tache n° 1, *noire,* est l'ombre du troisième satellite;

la tache n° 2, *grise*, est l'ombre du deuxième; la tache n° 3 est le troisième satellite lui-même (le dessinateur l'a placée un peu trop haut, car elle était voisine du bord inférieur de la bande grise). Le second dessin représente Jupiter à $10^h 32^m$.

Arrivons maintenant à l'interprétation de ces faits.

Fig. 17.

La tache noire n° 1 était l'ombre du troisième satellite de Jupiter, passant devant la planète. La tache grise n° 3 était ce troisième satellite lui-même, qu paraissait plus petit que son ombre.

La tache grise n° 2 était l'ombre du deuxième satellite : celui-ci passait aussi devant la planète, mais en restant invisible ; ce qui montre que son éclat était égal à

celui de la zone blanche sur laquelle il se trouvait. Ce n'est pas l'exiguïté de la surface qui eût empêché de le voir, s'il eût été plus foncé que la zone blanche, car on distinguait parfaitement son ombre grise. Il devint visible au moment de sortir, certainement à cause de la faible intensité lumineuse du bord de la planète relativement à celle de l'ensemble.

Le fait principal présenté par ces observations est que le troisième satellite, qui paraît ordinairement blanc, comme les autres, lorsqu'il passe devant la planète, était foncé, et plus foncé que la bande grise sur laquelle il se détachait. *Il était presque aussi obscur que l'ombre du deuxième satellite.*

Dans le n° 1986 des *Astronomische Nachrichten*, M. Stephen Alexander, de New-Jersey, propose d'attribuer le fait en question (déjà, quoique rarement, observé par plusieurs astronomes) à des phénomènes d'absorption et d'interférence des vibrations de la lumière réfléchie par Jupiter. Il me semble qu'il y a une explication beaucoup plus simple à en donner. En effet, en supposant aux satellites de Jupiter une atmosphère variable comme la nôtre, leurs disques varieront d'éclat suivant la quantité de nuages qui occuperont cette atmosphère; lorsque, pendant le passage d'un satellite devant la planète, l'hémisphère de ce satellite tourné de notre côté sera pur, le satellite paraîtra sombre et se détachera comme une tache foncée dont l'intensité iumineuse variera en raison inverse de celle du fond sur lequel le passage s'effectue.

Une seconde explication serait d'admettre que la variation d'intensité de ce satellite est due à la pré-

sence de taches permanentes existant à sa surface, et de supposer qu'il tourne sur lui-même en une période plus rapide que celle de son mouvement de translation autour de la planète. C'est la théorie fondée par le P. Secchi sur un examen de ce satellite indépendant des passages. Dans la première hypothèse, le mouvement de rotation pourrait être le même que celui de translation.

Je ne parle pas de la variabilité d'éclat du disque de Jupiter lui-même, fait constaté d'ailleurs, et qui par contraste montre une variabilité d'éclat correspondante dans les satellites projetés sur ce disque. Cette explication serait sans valeur ici, puisque, d'une part, l'une des deux ombres était noire et l'autre grise, et que d'autre part ce n'est pas le satellite projeté sur la partie blanche de Jupiter qui paraissait foncé, mais au contraire celui qui passait sur la bande grise.

Sans me permettre, à aucun titre, de décider la question, je crois cependant pouvoir ajouter que la première explication me paraît la meilleure. Elle est corroborée par le fait corrélatif suivant, observé sur l'ombre voisine projetée par le deuxième satellite.

Cette ombre, contiguë d'abord avec celle du troisième satellite, était *grise*, quoique se détachant *sur le même fond* blanc que la première. La comparaison était facile, et il ne peut exister aucune erreur d'appréciation. Pourquoi était-elle grise, tandis que sa voisine était *noire ?* Au premier abord, on pourrait chercher l'explication de ce second phénomène dans l'existence d'une large pénombre, analogue à celle qui se produit sur la Terre lors de nos éclipses totales de Soleil ; car ces

passages des ombres des satellites de Jupiter sur la planète ne sont autres que des éclipses totales de Soleil pour ce monde lointain ; mais on peut démontrer géométriquement qu'il n'y a qu'une pénombre insignifiante autour du cône produit par l'ombre de ces satellites ; il faut donc rejeter cette explication.

La faible intensité de cette ombre grise ne pourrait-elle s'expliquer par des réfractions produites à travers une atmosphère considérable. dont ce deuxième satellite serait environné ? On sait que, dans certaines éclipses de Lune, les réfractions produites par l'atmosphère terrestre sont si fortes, que la région centrale même du disque lunaire n'est pas entièrement obscurcie et reste rouge comme la Lune entière. Ce deuxième satellite est le plus petit des quatre, tandis que le troisième est le plus volumineux.

D'autres questions sont encore soulevées par les phénomènes de cette soirée, tels que la supériorité du disque de l'ombre du troisième satellite sur ce satellite lui-même, etc. ; mais j'ai eu surtout en vue ici de présenter l'observation de deux faits principaux : la teinte sombre du troisième satellite et la faible intensité de l'ombre du deuxième ; faits inspirant, l'un et l'autre, l'hypothèse de l'existence d'une atmosphère autour de chacun de ces petits mondes.

Quelque temps après ces observations, une discussion s'est élevée en Allemagne sur leur interprétation. J'y ai répondu par la Note suivante, qui résume en même temps cette discussion (*).

(*) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 21 décembre 1874.

On vient de lire l'observation que j'ai faite le 25 mars 1874, sur la différence d'éclat de deux satellites de Jupiter passant devant son disque et sur celle des ombres qui les suivaient. J'ai attribué le fait à l'existence d'une vaste atmosphère environnant ces petits corps, en remarquant qu'une telle atmosphère fera varier leur éclat suivant la quantité de nuages qui y seront suspendus, et que, d'autre part, elle pourra aussi atténuer l'ombre projetée par ces satellites sur la planète en réfractant les rayons solaires. Dans le n° 2012 (p. 307 à 314) des *Astronomische Nachrichten*, M. Stephen Alexander conteste cette explication. Je demande la permission de revenir un instant sur ce fait, si intéressant d'ailleurs, de physique planétaire.

Je traduirai d'abord les principaux passages de l'article de ce savant astronome :

« Les observations de M. Flammarion, dit-il, offren un curieux exemple de changement dans l'intensité visible de la lumière des satellites pendant leurs passages. Elles ont eu l'avantage d'être faites dans la circonstance très-rare du passage simultané de deux satellites accompagnés de leurs ombres. L'ombre du troisième satellite paraissait *noire* et nettement définie ; celle du deuxième était *grise*, quoiqu'elle se dessinât sur le même fond blanc. Le troisième satellite, se détachant sur la bande grise boréale, n'était pas blanc, mais d'un gris mal défini, à peine plus foncé que la bande qui lui servait de fond et presque aussi foncé que l'ombre du deuxième satellite. Au moment de sortir du disque, ce troisième satellite devint lumineux, et il en fut de même du deuxième, qui n'avait pas été

aperçu jusque-là, et qui sortit du disque comme un point lumineux.

» Cette observation très-soignée, continue l'auteur, et complétée par un excellent dessin, nous montre que le troisième satellite, traversant une bande grise de la planète, apparut, non pas noir, mais d'un gris plus sombre que celui de la zone, et qu'avant de sortir du disque il parut de moins en moins foncé, et devint enfin plus lumineux que la planète. J'explique tout à fait ces variations, par mon hypothèse de l'absorption. M. Flammarion propose d'admettre, pour cela, l'existence d'une atmosphère plus ou moins chargée de nuages; mais il est invraisemblable d'admettre que, quoique le changement de teinte d'un satellite, produit par la rotation ou par des variations atmosphériques, puisse arriver lorsque ce satellite se trouve justement près des bords de la planète, cela arrive toutes les fois qu'il s'y trouve. Donc l'explication de l'astronome français n'est pas satisfaisante. »

Je pense avoir résumé exactement le texte très-développé de M. Stephen Alexander, et je me suis servi de ses propres expressions. Or je crois remarquer qu'il n'a pas exactement compris l'application de l'hypothèse que j'ai présentée. Ce n'est pas la variation d'éclat de chaque satellite, *en arrivant près du bord* de la planète, que j'ai voulu expliquer, mais bien la *différence respective de l'éclat des deux satellites pendant la durée du passage,* ainsi que celle de l'intensité de leurs ombres. J'avais cependant pris soin de l'indiquer formellement. En d'autres termes, je suppose que, si le deuxième satellite est resté constamment plus brillant

que le troisième pendant sa traversée, quoiqu'il soit beaucoup plus petit et ordinairement moins lumineux, c'est parce que son hémisphère tourné vers nous était alors couvert de nuages blancs, tandis que celui du troisième satellite était pur, les terrains de toute surface planétaire étant naturellement considérés comme plus sombres que des nuages. De même j'explique la faible intensité de l'ombre de ce deuxième satellite, en supposant une vaste atmosphère, capable, par ses réfractions, de produire le même effet que celui qui est produit parfois par l'atmosphère terrestre dans nos éclipses totales de Lune. D'ailleurs, en comparant entre elles une centaine d'observations spéciales que j'ai faites sur l'éclat relatif des satellites de Jupiter (*voir* plus loin), j'ai constaté que les quatre satellites varient d'éclat suivant des temps irréguliers, qui ne correspondent pas toujours aux mêmes positions sur les orbites. Une atmosphère variable me paraît être la seule hypothèse plausible pour expliquer toutes ces variations.

Quant au fait, depuis longtemps reconnu, que l'éclat des satellites est plus grand lorsqu'ils se projettent vers les bords que lorsqu'ils se trouvent dans les régions centrales du disque, il me semble qu'il est nécessairement causé par la différence d'éclat de la planète elle-même, laquelle est, comme le Soleil, moins lumineuse près de ses bords que dans ses régions centrales. Ce n'est donc pas à ce détail que s'applique mon hypothèse, mais aux différences intrinsèques d'éclat qu'ont présentées les deux satellites pendant leur passage, ainsi qu'à celles de leurs ombres.

VI.

OBSERVATION DES VARIATIONS D'ÉCLAT DES SATELLITES DE JUPITER. — LEUR CONSTITUTION PHYSIQUE.

Pendant les dernières périodes d'opposition de la planète, je me suis livré à une série d'observations sur les satellites de Jupiter, faites en vue de reconnaître la valeur respective de l'éclat de chacun d'eux, et de décider si cet éclat est variable et dans quelles proportions cette variation s'effectue.

Ces observations ont été faites à l'aide d'un télescope en verre argenté, de 20 centimètres d'ouverture, et par l'oculaire le plus faible, grossissant environ 100 fois, comportant un champ vaste et lumineux. Comme les différences d'éclat sont souvent faibles, et qu'il importe de n'être influencé par aucune idée préconçue, j'ai noté ces différences sans savoir à quelle satellite elles se rapportaient, sans chercher leur configuration pour l'heure de l'observation et sans me préoccuper de l'identification. Après avoir dessiné leurs positions de part et d'autre de la planète, j'ai désigné simplement leur ordre d'éclat par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*; puis, en regard de chaque lettre, j'inscrivais la grandeur estimée pour chacun d'eux.

L'identification n'a été faite qu'à la fin des observations. Je n'ai inscrit le numéro véritable de chaque satellite qu'en relevant toutes les observations.

De plus, ces différences d'éclat étant parfois diffi-

cilement appréciables, j'ai recommencé plusieurs fois l'opération dans chaque soirée, et souvent même j'ai cru utile de consulter l'appréciation de diverses personnes, notamment celle de Mme Camille Flammarion, dont l'appréciation est à la fois très-fine et très-sûre.

Pour chaque résultat inscrit, il y a au moins trois observations. Le tableau suivant présente donc le résultat d'environ 170 observations :

Variations d'éclat des satellites de Jupiter.

		Ordre d'éclat.				Grandeurs.			
		1er	2e	3e	4e	1re	2e	3e	4e
	m h								
25 mars 1874,	11.30	*b*	*c*	*a*	*d*	6,8	7,0	5,8	7,5
28(1) » »	10.15	*c*	*b*	*a*	*d*	7,0	6,5	6,0	10,0
29 » »	11.00	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	6,8	5,8	7,0
30 » »	11.00	*d*	*c*	*a*	*b*	7,5	7,0	5,9	6,5
3 avril »	10.30	*b*	*c*	*a*	*a*	6,5	7,0	6,0	6,0
17 » »	10.00	*b*	*d*	*a*	*c*	6,5	8,0	6,0	7,0
19 mai »	9.30	*b*	//	*a*	*c*	6,5	//	6,0	7,5
4 juin(2) »	10.15	*b*	*c*	*a*	*d*	7,0	7,5	6,0	9,5
5 » »	9.55	*b*	*b*	*a*	*c*	7,0	7,0	6,0	7,5
9 » »	9.00	*d*	*c*	*a*	*b*	7,5	7,0	6,0	6,5
10 » »	0.09	*b*	*b*	*a*	*c*	7,0	7,0	5,8	7,5
11 » »	9.15	*c*	*d*	*a*	*b*	7,4	7,8	5,8	7,2
12 » »	9.30	*b*	*a*	*a*	*c*	6,5	6,0	6,0	7,0
14 de jour.	8.30	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	6,6	6,0	7,5
14 de nuit(3).	9.45	*c*	*b*	*a*	*d*	6,8	6,3	6,0	7,5

(1) Une étoile de 9e gr. située à 5′ 20″ de ♃ sert de comp. facile. Le 4e sat. = 9 ½. Elle n'est pas dans Lalande.

(2) Les satellites de ♃ ne présentent pas le même éclat relatif vus au crépuscule ou à la nuit tombée.

(3) Le 4e satellite est presque invisible.

		Ordre d'éclat.				Grandeurs.			
		1er	2e	3e	4e	1er	2e	3e	4e
	m h								
22 juin 1874,	9.30	*b*	*c*	*a*	*d*	6,8	7,2	6,0	7,8
5 juillet »	9.00	*c*	*b*	*a*	*d*	7,0	6,5	6,0	8,0
6 » de jour.	8.20	*b*	//	*a*	*c*	6,5	//	6,0	8,0
28 mars 1875 (1),	12.10	*c*	*d*	*a*	*b*	8,0	9,0	5,8	6,2
4 avril »	12.40	*d*	*c*	*a*	*b*	9,0	8,0	6,0	6,5
9 » »	10.30	*d*	*c*	*b*	*a*	6,4	6,3	6,2	6,0
11 » »	11.10	*b*	//	*a*	*c*	8,0	//	5,5	9,0
13 (2) » »	10.00	*d*	*c*	*a*	*b*	8,0	7,6	5,8	6,2
14 » »	9.30	*d*	*c*	*a*	*b*	8,5	7,5	5,7	6,0
15 » »	9.00	*d*	*c*	*a*	*b*	8,5	8,0	6,0	7,0
18 (3) » »	9.00	*b*	*d*	*a*	*c*	7,0	8,0	5,8	7,5
20 (4) » »	9.10	*d*	*b*	*a*	*c*	8,0	6,5	6,0	6,9
25 » »	11.00	*c*	*d*	*a*	*b*	7,5	8,0	6,0	6,5
27 » »	11.10	*c*	*b*	*a*	*d*	7,0	6,5	6,0	8,0
28 » »	9.45	*d*	*c*	*a*	*b*	8,0	7,5	5,5	7,0
29 (5) » »	9.55	*d*	*c*	*a*	*b*	8,0	7,5	5,5	6,3
30 » »	8.30	*c*	*b*	*a*	*d*	6,6	6,2	6,0	8,0
2 mai »	9.30	*b*	*c*	*a*	*d*	7,0	7,5	6,0	8,5

(1) Le 3e et le 4e paraissaient jaunes comme ♃; mais le 1er et le 2e sont pourpres.

(2) ♃ passe tout près d'une étoile plus rouge que lui, Lalande 25306.

(3) L'étoile rouge est de 8e gr.; elle est plus colorée que les bandes de ♃ et les satellites ♃ passe à 16′ au nord.

(4) Le 1er satellite vient de sortir de ♃. Il offrait sur la planète un disque rond, mesurable. C'est maintenant un *point* lumineux.

(5) ♃ passe à 20 minutes au sud d'une seconde étoile rouge, de 6e grandeur.

		Ordre d'éclat.				Grandeur.			
		1er	2e	3e	4e	1er	2e	3e	4e
	m h								
4 mai 1875,	8.00	*b*	*c*	*a*	*d*	6,3	6,5	5,8	7,5
5 » »	9.10	*c*	*b*	*a*	*d*	7,1	7,0	6,0	7,5
10(1) » »	12.30	*b*	*c*	*a*	*d*	6,4	6,6	6,0	7,0
11 » »	8.30	*a*	*b*	//	*c*	6,5	6,8	//	7,5
12 » »	7.45	*b*	*c*	*a*	*c*	6,5	7,0	6,0	8,0
13(2) » »	8.00	//	*b*	*a*	*e*	//	6,5	6,0	7,2
14(3) » »	8.15	//	*b*	*a*	*c*	//	6,5	6,0	8,0
15 » »	12.00	*b*	*c*	*a*	*d*	6,8	7,0	5,8	7,2
16 » »	7.50	*b*	*b*	*a*	*c*	7,0	7,0	6,0	8,5
19 » »	8.20	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	7,2	6,0	8,5
20 de jour »	7.30	*a*	*b*	*c*	//	6,0	6,5	7,0	//
20 de nuit »	9.00	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	7,0	5,8	8,0
24 mai »	9.30	*b*	*b*	*a*	*c*	6,5	6,5	6,0	7,0
25 » »	8.43	*b*	*c*	*a*	*d*	6,3	6,5	6,0	7,5
31 » »	9.30	*b*	*c*	*a*	*b*	6,5	7,0	6,0	6,5
2 juin(4) »	9.15	*c*	*b*	*a*	*d*	6,6	7,0	6,0	7,5
4 » »	8.45	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	6,6	5,8	7,8
6 juillet »	9.05	*b*	*e*	*a*	*d*	6,1	6,5	6,0	7,8
8 » »	8.45	*b*	*c*	*a*	*d*	6,6	6,8	5,9	8,3
10(5) » »	8.45	*c*	*b*	*a*	*d*	6,6	6,5	6,0	7,6

(1) Le 1er paraît le plus *petit* des quatre; mais il brille plus que le 2e, et surtout que le 4e.

(2) Le 3e paraît au moins deux fois plus large en diamètre que les deux autres; mais il est relativement moins brillant que le 2e.

(3) Disques : $a = 10$, $b = 7$, $c = 4$.

(4) Mercure, visible ce soir, était d'une blancheur de neige, comparé à la couleur orangée de ♃.

(5) Des nuages passant sur ♃ et ses satellites servent à confirmer les différences d'éclat.

		Ordre d'éclat.				Grandeur.			
		1er	2e	3e	4e	1er	2e	3e	4e
11 juillet 1875, de jour (1),	m h 7.20	*b*	*c*	*a*	*d*	6,4	7,0	5,9	8,0
12 juillet 1875,	8.30	*b*	*c*	*a*	*d*	7,0	7,2	6,0	7,8
15 (2) » »	8.30	*c*	*b*	*a*	*d*	7,5	7,0	5,9	8,0
18 (3) » »	9.00	*a*	*b*	*c*	*d*	6,5	6,8	7,1	7,5
19 » »	8.50	*b*	*c*	*a*	*d*	6,8	7,1	6,0	7,5
20 (4) » »	9.45	*c*	*b*	*a*	*d*	7,1	7,0	6,2	8,0
21 (5) » »	8.55	*b*	*c*	*a*	*d*	6,5	6,9	6,0	7,8
23 » »	8.50	*c*	"	*a*	*b*	8,0	"	6,2	7,8
26 » »	8.15	*b*	*c*	*a*	*d*	7,1	7,4	6,5	8,8
27 » »	8.20	*b*	*c*	*a*	*d*	7,0	7,1	6,5	8,0
28 » »	8.15	*c*	*b*	*a*	*d*	7,1	7,0	6,6	9,0
30 » »	8.15	"	*b*	*a*	*c*	"	7,3	6,6	8,0
31 » »	7.45	*b*	*c*	*a*	*d*	7,2	7,5	6,7	8,2

Ayant pris toutes les précautions désirables pour juger avec la plus grande exactitude possible, je pense

(1) Observation faite au crépuscule. De nuit, les différences étaient moindres.

(2) Le 1er satellite sort de devant la planète. Il est plus rouge que ♆. Son ombre projetée sur une zone blanche est ronde et noire.

(3) ♆ paraîtrait ce soir, à un œil inexpérimenté, avoir six satellites. Il y a dans le champ deux étoiles de 9e grandeur.

(4) Le 1er égale presque le 2e; mais il est plus jaune : le 1er est blanc.

(5) ♆ et ♂ apparaissent presque en même temps dans le ciel à l'œil nu ($8^h 10^m$); ♂ est aussi brillant que ♆ (même en tenant compte de la position plus occidentale de ♆). Pourtant son diamètre = 12″ et celui de ♆ 18″.

que les différences et les variations d'éclat signalées ici n'ont rien de subjectif, et appartiennent certainement aux corps célestes observés.

Plusieurs faits intéressants ressortent de la comparaison de ces observations. Le premier, c'est que la nature intrinsèque de ces quatre mondes n'est pas la même, et que la surface réfléchissante est bien différente pour chacun d'eux.

Ainsi, le quatrième satellite est souvent terne et nébuleux. Quoiqu'il soit plus gros que le premier et le deuxième, il est généralement moins lumineux. Sa surface est donc moins blanche que celle de ces deux globes. Elle est aussi moins blanche que celle du troisième satellite, car la différence d'éclat qu'il offre avec lui est beaucoup plus grande que celle qui résulterait de la simple proportionnalité des surfaces. Nous pouvons donc conclure avec certitude que la substance dont le quatrième satellite est formé, ou tout au moins les couches superficielles extérieures de cette substance, sont obscures et sombres relativement à celles des trois autres satellites.

De plus, l'éclat de cette surface varie considérablement. Ainsi cet éclat a dépassé son état moyen aux mois de mars et d'avril 1875, tandis qu'il a été au-dessous aux mois de juin et de juillet, où il est presque toujours affecté de la lettre *d*. Est-ce à des taches permanentes de sa surface que nous devons attribuer ces différences, ou bien à des phénomènes atmosphériques ? C'est ce que j'ai l'intention d'examiner spécialement bientôt, afin de vérifier s'il y a un rapport certain entre ces variations et la position du satellite sur son orbite.

L'amplitude des variations d'éclat du quatrième satellite s'étend à quatre grandeurs ! Il descend parfois jusqu'à la 10e, et s'élève en d'autres époques jusqu'à la 6e. Sa grandeur moyenne est 7,6.

Le troisième satellite, qui est le plus gros des quatre, est celui qui change le moins d'éclat. On peut le considérer comme invariable. Sa grandeur égale 5,9.

Il est souvent difficile de saisir aucune différence d'éclat entre le premier et le deuxième satellite. Ils ne sont cependant pas aussi fixes que le troisième. Dans la série des observations précédentes, le premier a reçu dix fois la lettre *d* ; mais les variations du quatrième entrent pour une part dans cette classification. Toutefois, ce premier satellite, dont la grandeur moyenne est 6,8, est descendu à la 8e et même à la 9e grandeur. Le deuxième a cinq fois la lettre *d*. Sa grandeur moyenne est 7,0.

Ces deux satellites sont très-blancs. La lumière du premier paraît la plus perçante ; on l'aperçoit de jour, lors même que le quatrième est invisible. La différence des éclats n'est pas tout à fait la même de jour et de nuit. Les plus gros satellites augmentent d'éclat avec la nuit en raison de l'étendue de leur surface.

En résumé, comme *dimensions*, l'ordre décroissant a été celui-ci : III, IV, I, II. Parfois le premier a paru plus petit que le deuxième.

Comme *lumière intrinsèque*, à surface égale, nous avons I, II, III, IV. Quelquefois le deuxième a paru un peu plus lumineux que le premier.

Comme *variabilité*, l'ordre décroissant est IV, I, II, III,

Dans le travail suivant, j'ai analysé spécialement mes observations du quatrième satellite.

VII.

LE IVe SATELLITE DE JUPITER. SES VARIATIONS D'ÉCLAT. SA CONSTITUTION PHYSIQUE. SON MOUVEMENT DE ROTATION.

Les observations précédentes prouvent que les quatre satellites de Jupiter varient d'éctat d'un jour à l'autre. Le quatrième étant celui dont les variations sont les plus fortes, j'ai pensé qu'en les examinant avec attention ces variations pourraient peut-être nous mettre sur la voie de la solution d'un problème posé depuis Cassini, Maraldi et Herschel, mais non encore résolu. Pour arriver au meilleur résultat, j'ai comparé à chaque grandeur assignée à ce satellite par mes observations la position que ce satellite occupait sur son orbite au moment de l'observation. Ayant tracé la figure du mouvement du satellite autour de la planète, mouvement qui s'effectue presque dans le plan de notre rayon visuel, j'ai pointé les positions observées à leurs places respectives le long de l'orbite, chacune avec un signe correspondant à sa grandeur. Il a été ensuite facile de voir si les différents ordres d'éclat sont disséminés au hasard le long de l'orbite, ou s'il y a une prépondérance marquée sur un arc quelconque de cette orbite.

Voici le tableau de ces positions. On remarque d'abord le rang assigné à ce satellite parmi ses compagnons, suivant son éclat relatif, *a* lorsqu'il a été estimé le plus brillant des quatre, *b* lorsqu'il a été estimé le deuxième, *c* lorsqu'il a été estimé le troisième, et *d* lorsqu'il a paru le plus faible de tous. On voit

que généralement c'est le dernier rang qu'il occupe, quoiqu'il ne soit pas le plus petit comme volume. En regard de la lettre d'ordre, j'ai inscrit la grandeur estimée. La colonne des positions indique la place du satellite sur son orbite, suivant qu'il se trouve à l'est ou à l'ouest de la planète, et dans la partie supérieure (la plus éloignée de la Terre) ou dans la partie inférieure de son orbite.

1874.		Rang.	Positions.
25 mars	*d*	7,5	Plus grande élongation E.
28 » (1)..	*d*	10	$\frac{1}{2}$ élongation E, inférieure.
29 » ...	*d*	7	$\frac{1}{4}$ élongation E, id.
30 »	*b*	6,5	$\frac{1}{4}$ élongation O, id.
3 avril	*a*	6	Plus grande élongation O.
17 »	*c*	7	$\frac{3}{4}$ élongation O, inférieure.
24 »	*d*	8	$\frac{1}{6}$ élongation E, supérieure.
19 mai (2)...	*c*	7,5	$\frac{1}{4}$ élongation O, inférieure.
4 juin.....	*d*	9,5	Proche de ♆ E, id.
5 »	*c*	7,5	$\frac{1}{4}$ élongation O, id.
8 » (3)...	*a*	6	Plus grande élongation O.
9 »	*b*	9,5	$\frac{1}{10}$ élongation O, supérieure.
10 »	*c*	7,5	$\frac{3}{4}$ élongation O, id.
11 »	*b*	7,2	$\frac{1}{3}$ élongation O, id.
12 »	*c*	7	$\frac{1}{4}$ élongation O, id.
14 »	*d*	7,5	$\frac{1}{2}$ élongation E, id.
22 juin.....	*d*	7,8	$\frac{1}{3}$ élongation O, inférieure.
5 juillet....	*d*	8	$\frac{3}{4}$ élongation E, id.
6 »	*c*	8	$\frac{1}{2}$ élongation E, id.

(1) Presque invisible.

(2) Il produit une forte ombre noire sur le pôle de ♆.

(3) Très-brillant. Le 4, il était plus petit qu'une étoile de 9e grandeur.

1875.	Rang.		Positions.
28 mars	*b*	6,2	$\frac{6}{10}$ élongation E, supérieure
4 avril	*b*	6,5	$\frac{1}{2}$ élongation O, inférieure.
9 » (1)...	*a*	6	$\frac{1}{2}$ élongation O, supérieure.
11 » (2)...	*c*	9	$\frac{1}{4}$ élongation E, id.
13 » (3). .	*b*	6,2	$\frac{4}{5}$ élongation E, id.
14 » (4)..	*b*	6	Plus grande élong. E, supérieure.
15 »	*b*	7	Plus grande élong. E, inférieure.
18 »	*c*	7,5	$\frac{1}{4}$ élongation E, id.
20 »	*c*	6,9	$\frac{1}{2}$ élongation O, id.
25 »	*b*	6,5	$\frac{2}{3}$ élongation O, supérieure.
27 »	*d*	8	Proche de ♃ O, et derrière.
28 »	*b*	7	$\frac{1}{3}$ élongation E, supérieure.
29 »	*b*	6,3	$\frac{2}{3}$ élongation E, id.
30 »	*d*	6,8	$\frac{3}{10}$ élongation E, id.
2 mai (5)....	*d*	8,5	$\frac{9}{10}$ élongation E, inférieure.
4 »	*d*	7,5	$\frac{1}{2}$ élongation E, id.
5 »	*d*	7,5	$\frac{1}{5}$ élongation E, id.
10 »	*d*	7	Plus grande élongation O.
11 »	*c*	7,5	$\frac{4}{5}$ élongation O, supérieure.
12 »	*d*	7,5	$\frac{1}{2}$ élongation O, id.
13 » (6)....	*c*	7,2	$\frac{1}{3}$ élongation O, id.
14 »	*c*	8	Proche de ♃ E, et derrière.
15 »	*d*	7,2	$\frac{1}{2}$ élongation E, supérieure.
16 »	*c*	8,5	$\frac{2}{3}$ élongation E, id.

(1) Les quatre satellites presque égaux.

(2) Aujourd'hui très-différents.

(3) Éclat augmente.

(4) Plus grand que Lal., 25 396, ★ rouge.

(5) Gros, mais terne. Était presque invisible au crépuscule.

(6) Paraît 2 fois plus petit que le 3e.

1875.		Rang.		Positions.
19	» (1) . . .	*d*	8,5	$\frac{9}{10}$ élongation E, inférieure.
20	mai (2)	*d*	8,5	$\frac{2}{3}$ élongation E, id.
24	»	*c*	7	$\frac{3}{4}$ élongation O, id.
25	»	*d*	7,5	$\frac{8}{10}$ élongation O, id.
31	» (3)	*b*	6,5	$\frac{1}{4}$ élongation E, supérieure.
2	juin (4)	*d*	7,5	$\frac{3}{4}$ élongation E, id.
4	» (5)	*d*	7,8	Plus grande élongation E.
6	juillet (6) . .	*d*	7,8	$\frac{8}{10}$ élongation E, supérieure.
8	» (7) . .	*d*	8,3	$\frac{8}{10}$ élongation E, inférieure.
10	»	*d*	7,5	$\frac{1}{2}$ élongation E, id.
11	»	*d*	7,7	Proche de ♆ E, et devant.
12	»	*d*	7,8	$\frac{1}{4}$ élongation O, inférieure,
15	» (8) . .	*d*	7,6	Plus grande élongation O.
18	juille	*d*	7,5	$\frac{1}{2}$ élongation O, supérieure.
19	» . . .	*d*	7,5	$\frac{1}{4}$ élongation O, id.
20	» . . .	*d*	8	$\frac{1}{6}$ élongation E, id.
21	» . .	*d*	7,8	$\frac{1}{2}$ élongation E, id.
23	» (9) .	*b*	7,8	Plus grande élong. E, supérieure.
26	»	*d*	8,8	$\frac{2}{3}$ élongation E, inférieure.
27	»	*d*	8,0	$\frac{1}{3}$ élongation E, inférieure.
28	»	*d*	9,0	Au pôle de ♆ et devant.
30	»	*c*	8,0	$\frac{3}{4}$ élongation O, inférieure.
31	»	*d*	8,2	Plus grande élong. O, inférieure.

(1) Gros, mais terne.
(2) Très-faible. Était invisible au crépuscule.
(3) Son éclat égale le premier.
(4) Très-pâle.
(5) Très-petit.
(6) Terne et nébuleux.
(7) A peine visible.
(8) Était à peine visible au crépuscule.
(9) Le premier égale 8.

Si l'on discute ces variations d'éclat en les comparant soigneusement aux positions sur l'orbite, et si, à cause de l'incertitude plus ou moins grande attachée aux estimations de grandeurs relatives, on compare surtout les plus faibles grandeurs aux plus fortes, on trouvera d'abord que les plus faibles éclats (8 et au-dessous) appartiennent tous à la moitié orientale de l'orbite.

Les plus fortes grandeurs (6,0 à 6,9) appartiennent en général à la moitié occidentale. Il y en a cependant quelques-unes qui s'avancent de beaucoup sur la moitié orientale, et jusqu'à la plus grande élongation Est supérieure : ce sont celles de mars et avril 1875. Il est certain qu'à cette époque le IVe satellite a augmenté d'éclat. Et cependant, entre le 9 et le 15 avril, il a subi une diminution, car le 11 il était descendu à la 9e grandeur.

Les maxima sont arrivés dans le quart ouest supérieur. Les minima sont partagés entre le quart est inférieur et les deux sommets, supérieur et inférieur ; malgré les précautions prises, il serait possible que l'éclat de Jupiter fût pour quelque chose dans ces deux derniers minima ; en supposant qu'ils soient dus, en effet, à la proximité de la planète, on trouve que les minima les plus nombreux se placent dans le quart est inférieur, à peu près à 180 degrés des maxima les plus fréquents.

Si donc nous tenons compte de toutes les circonstances de ces observations, nous résumerons comme il suit leur discussion.

1° Le IVe satellite de Jupiter subit des variations

considérables d'éclat, et oscille depuis la 6e jusqu'à la 10e grandeur. Comme ses phases sont insensibles vues de la Terre, nous en concluons que sa constitution physique est absolument différente de celle de la Lune.

2° Il y a probabilité en faveur de l'hypothèse qu'il tourne, comme la Lune, en présentant toujours la même face à la planète. Dans ce cas, son hémisphère le plus lumineux est celui qui est tourné vers le Soleil lorsque le satellite est dans le quart occidental supérieur de son orbite, et son hémisphère le moins lumineux est celui qui est tourné vers le Soleil quand le satellite occupe le quart oriental inférieur.

3° Cette hypothèse ne rend pas compte de toutes les variations observées, et ce petit monde paraît subir des révolutions atmosphériques qui font varier sa surface réfléchissante sur des points quelconques de son orbite. Il est parfois terne et nébuleux. Son pouvoir réflecteur est en moyenne inférieur à celui des trois autres satellites (*).

(*) La Société Royale Astronomique de Londres a bien voulu, dans son Rapport annuel sur les progrès de l'Astronomie, appeler l'attention des astronomes sur ces résultats. (Voir *Monthly Notices*, feb. 1876, p. 203.) C'est un honneur auquel nous ne nous attendions pas, et qui n'en a été que plus précieux pour nous.

VIII.

LES SATELLITES DE JUPITER SONT-ILS VISIBLES A L'ŒIL NU?

Avant de quitter les satellites de Jupiter, répondons à une question souvent posée.

Les satellites de Jupiter sont-ils visibles à l'œil nu? On répond ordinairement négativement à cette question. Cependant, récemment, à la Société Astronomique de Londres, un astronome anglais a déclaré les avoir vus.

Le 3 avril 1874, à 10 heures du soir, par une nuit très-pure, M. Denning, de Bristol, a parfaitement distingué à côté de Jupiter et *à l'œil nu* le troisième et le quatrième satellite. Ils étaient alors particulièrement bien placés pour une telle observation, se trouvant dans leur plus grande élongation de la planète. Mais cette position arrive souvent, et cependant une pareille visibilité est excessivement rare. L'auteur est parvenu à les distinguer en masquant l'éclat de Jupiter. Dans le chercheur (grossissant cinq fois) et dans une jumelle d'opéra (grossissant trois fois), il les voyait très-facilement sans masquer la planète, et ne fut plus étonné de les apercevoir à l'œil nu, quoique jusqu'alors il eût été très-sceptique sur ce point.

Ayant essayé plusieurs fois et fait essayer la même expérience dans les meilleures conditions d'observation sans obtenir aucun résultat, je conclus de l'observa-

tion précédente que la vue de M. Denning est exceptionnelle ; ce qui, du reste, est démontré par ce fait qu'il peut compter, à l'œil nu, treize étoiles dans les Pléiades et qu'il a souvent vu Jupiter en plein soleil. J'ajouterai que, le 3 avril 1874, le quatrième satellite de Jupiter était plus lumineux que d'habitude et égal en éclat au troisième.

On sait que la découverte des satellites de Jupiter a été le premier résultat de l'invention des lunettes.

Le 7 janvier 1610, à Padoue, Galilée aperçut près de la planète, que le nouvel instrument avait dotée d'un disque sensible et bien tranché, trois petites étoiles ; deux étaient à l'orient, la troisième à l'occident ; Le lendemain, il les vit toutes les trois à l'occident, le surlendemain on n'en voyait plus que deux, et elles étaient situées à l'orient du disque de Jupiter. Tout cela ne pouvait pas être expliqué par un déplacement admissible de la planète et indiquait un mouvement propre de ces petites étoiles. Frappé de la singularité de ce résultat, Galilée redoubla d'attention ; le 13, il aperçut quatre étoiles. Bref, il constata qu'il y a dans le ciel un astre autour duquel circulent des planètes secondaires, comme les planètes anciennement connues circulent autour du Soleil : c'était le monde de Copernic en miniature ; les idées de ce grand homme semblaient désormais ne pouvoir plus être rejetées. Aussir apporte-t-on que Kepler, en apprenant les observations de l'astronome de Florence, s'écria, en parodiant l'exclamation de l'empereur Julien : *Galilee, vicisti !*

Comme toutes les découvertes, celle-là ne fut pas

admise sans critique. Une académie tout entière, celle de Cortone, prétendit que les satellites étaient le résultat d'une illusion d'optique produite par la lunette. Dans les dialogues de Sizio, publiés à cette époque, lorsqu'un des interlocuteurs demande pourquoi on voit quatre satellites autour de Jupiter seulement, on lui répond : parce que la lunette est propre (*proporzionato*) à produire de telles apparences à la distance de Jupiter et non à d'autres distances. Clavius disait, en octobre 1610, que, pour voir les satellites, il fallait d'abord construire une lunette qui les engendrât. Il est vrai que, dès le mois de décembre suivant, il abandonna cette opinion absurde, aussitôt qu'il eut observé lui-même les astres en question. Galilée rapporte qu'il y avait à Pise un philosophe nommé Libri, qui ne consentit jamais à mettre l'œil à la lunette pour voir les satellites de Jupiter : « J'espère, ajoute l'illustre astronome (ledit Libri venait de mourir), que, n'ayant jamais voulu voir les satellites sur la terre, il les aura aperçus en allant au ciel. »

Cette découverte de Galilée montre bien qu'avant lui on n'avait pas observé les satellites de Jupiter, ce qui serait arrivé s'ils étaient visibles à l'œil nu en même temps que la planète.

La limite de distance à partir de laquelle deux étoiles ne peuvent plus être distinguées l'une de l'autre à l'œil nu dépend de leur éclat relatif. Par exemple, l'œil sépare sans peine les deux étoiles de 3e et de 4e grandeur désignées sous le nom de α du Capricorne ; leur distance mutuelle est de 6′30″. Quand l'air est très-pur, les astronomes qui jouissent d'une excellente

vue séparent à l'œil nu ε^1 et ε^2 de la Lyre, dont la distance est de 3′30″; et cela parce que ces étoiles sont de 4e grandeur.

On peut évaluer à 5 ou 6 minutes la longueur des rayons qui paraissent émaner des planètes ou des étoiles, quand on les regarde à l'œil nu. Ces queues ou rayons divergents, qui servirent de tout temps, et surtout chez les Égyptiens, à symboliser les astres, ne seraient rien autre, d'après Hassenfratz, que les caustiques du cristallin formées par les rayons réfractés. L'image d'une étoile perçue à l'œil nu est agrandie par ces rayons parasites; elle occupe sur la rétine une place plus grande que le simple point où sa lumière devrait se concentrer, et l'impression nerveuse en est affaiblie. Un amas d'étoiles très-serrées, dans lequel les composantes sont au-dessous de la 7e grandeur, peut être au contraire visible à l'œil nu, parce que, les images dilatées de ces nombreux points stellaires empiétant les unes sur les autres, la rétine se trouve ébranlée plus fortement.

En comparant Aldébaran avec l'étoile voisine θ du Taureau, où l'on distingue nettement deux étoiles séparées par un intervalle de 5′30″, Galle s'est assuré que, pour un œil ordinaire, les rayons de Jupiter s'étendent à 5 ou 6 minutes au moins. Ces évaluations s'accordent avec celles d'Arago; d'ailleurs les faux rayons peuvent avoir une étendue plus grande pour quelques personnes. Les distances moyennes des quatre satellites au centre de Jupiter sont 1′51″, 2′57″, 4′42″ et 8′16″. Ils peuvent s'en éloigner jusqu'à 2′15″, 3′25″, 5′46″ et 9′45″. Lorsqu'ils sont à leur plus grande élon-

gation, le système jovien occupe donc une ligne de 9′45″+ 5′46″, ou 15′41″. Tous les mouvements de ces satellites seraient cachés par une ligne de 19′ 30″ ou par les deux tiers du diamètre de la Lune.

Si nous supposons maintenant que l'image de Jupiter, dans certains yeux exceptionnels, s'épanouisse seulement par des rayons d'une minute ou deux d'amplitude, il ne semblera plus impossible que les satellites soient de temps en temps aperçus sans avoir besoin de recourir à l'amplification. Pour vérifier cette conjecture, Arago fit construire une petite lunette dans laquelle l'objectif et l'oculaire avaient à peu près le même foyer et qui dès lors ne grossissait point. Cette lunette ne détruit point entièrement les rayons divergents, mais elle en réduit considérablement la longueur. Eh bien, cela suffit, dès le premier essai, pour qu'un satellite (le troisième), convenablement écarté de la planète, soit devenu visible. Le fait a été constaté par tous les astronomes de l'Observatoire.

Dès qu'on a établi que les satellites de Jupiter peuvent être aperçus sans grossissement d'aucune sorte, il est évident que l'œil qui réduira les rayons divergents de l'image de la planète à la longueur que ces rayons conservent dans la petite lunette non grossissante découvrira ces faibles astres tout aussi bien que les yeux ordinaires le font en employant l'instrument. Tout porte à croire qu'il existe des yeux naturellement doués de cette perfection, des yeux qui dépouillent les images des objets éloignés et les plus brillants de presque toute fausse lumière.

Le troisième satellite de Jupiter (le plus gros des

quatre) a pour éclat moyen le chiffre 5,9. Je l'ai constaté par les observations inscrites aux Chapitres précédents, et antérieurement, le 5 juin 1872, lors de la conjonction de Jupiter avec Uranus, dont j'avais calculé les éléments et que j'ai observé tout exprès pour mesurer cet éclat (*). On pourrait donc le voir ordinairement à l'œil nu, s'il n'était pas baigné dans la lumière de Jupiter.

Nous connaissions déjà un certain nombre d'observations de ces satellites faites à l'œil nu. Dans les planches d'une encyclopédie japonaise, dont la première édition remonte à une époque bien antérieure à celle de l'invention des lunettes, Jupiter est figuré ayant à ses côtés deux petites étoiles; mais ce dessin ne prouve pas grand'chose, car il est certain que les Japonais ajoutent aux textes de leurs plus anciens ouvrages, quand ils les réimpriment, les documents qu'ils ont reçus de leurs communications avec les Hollandais; la circonstance que Jupiter est dessiné avec deux et non quatre satellites peut bien paraître difficile à expliquer sans pour cela qu'elle soit décisive. Mais il y a des exemples plus certains.

Wrangel rapporte qu'en Sibérie il rencontra un chasseur du pays qui, lui montrant Jupiter, lui dit : « Je viens de voir cette grosse étoile en avaler une petite et la vomir peu de temps après. » C'était, suivant le célèbre voyageur russe, une immersion et l'émersion subséquente du troisième satellite à laquelle le chasseur faisait allusion. La pénétration de la vue

(*) *Voir* le tome V de ces *Études*, page 297.

de ces indigènes et des Tartares est, comme on le sait, devenue proverbiale.

Un tailleur de Breslau, nommé Schœn, mort en 1837, a prouvé par des épreuves réitérées, à M. Boguslawski, directeur de l'Observatoire de cette ville, qu'il les distinguait à l'œil nu lorsque la nuit était sereine et sans lune; il en indiquait exactement les positions; il pouvait même le faire pour plusieurs satellites à la fois. Quand on lui dit que les faux rayons des astres empêchaient les autres personnes d'en faire autant, Schœn exprima son étonnement sur ces faux rayons si gênants pour d'autres que pour lui. D'après les vifs débats qui s'élevèrent entre lui et les personnes présentes à ces expériences sur la difficulté de voir les satellites à l'œil nu, il fallut bien conclure que, pour Schœn, les étoiles et les planètes étaient dépourvues de rayons parasites et paraissaient comme de simples points brillants. C'était le troisième satellite qu'il distinguait le mieux; il voyait aussi très-bien le premier vers ses plus grandes digressions; mais il ne vit jamais le deuxième ni le quatrième seuls. Lorsque l'état du ciel n'était pas tout à fait favorable, les satellites lui apparaissaient comme de faibles lignes lumineuses. Jamais, dans ces expériences, il ne lui arriva de confondre les satellites avec de petites étoiles, sans doute à cause de la scintillation de celles-ci et de leur lumière moins calme. Quelques années avant sa mort, il se plaignait de l'affaiblissement de sa vue et de ce que ses yeux ne pouvaient plus distinguer les lunes de Jupiter. Les résultats de ces recherches s'accordent très-bien avec ce que l'on sait sur l'éclat relatif de ces petits astres;

car, pour des individus doués d'organes si parfaits, si sensibles, il est probable que l'éclat et la nature de la lumière ont plus d'effet que les distances des satellites à la planète. Schœn ne vit jamais le deuxième ni le quatrième. Le deuxième est le plus petit de tous; le quatrième est, à la vérité, le plus éloigné, et même le plus gros après le troisième; mais sa couleur s'assombrit périodiquement, et c'est presque toujours le plus faible des quatre. Quant au troisième et au premier, que Schœn voyait le plus aisément et le plus souvent à l'œil nu, l'un (le troisième) est le plus grand, celui qui d'ordinaire brille le plus, et sa lumière est d'un jaune bien tranché, l'autre (le premier) surpasse quelquefois, par l'éclat de sa vive lumière, le troisième satellite, bien qu'il soit beaucoup plus petit.

Boussingault les a cherchés en vain à Bogota à 2640 mètres d'altitude. Il en fut de même de Piazzi Smyth au sommet du Ténériffe. Cependant le marquis d'Ormonde les a vus dans le ciel de l'Etna; l'astronome Jacob a aperçu le troisième à Madras; le missionnaire Stoddart, en Perse, rapporte, dans son journal en 1852, qu'il pouvait en découvrir de temps en temps au crépuscule avant que la planète eût acquis tout son éclat; le 1er septembre 1832, M. Webb a vu, en Angleterre, le troisième et le quatrième placés du même côté et loin de Jupiter, mais il faut dire qu'il se servait pour cela de son lorgnon concave. Banks a vu le premier et le deuxième réunis en un seul, le troisième assez souvent, et une fois le quatrième; le deuxième et le troisième ont été vus séparément par Boyd, le 15 jan-

vier 1860, du port de Dublin. Un astronome anglais, M. Mason, cherchant à vérifier cette visibilité, a distingué le troisième, le 15 avril 1863, sans savoir d'avance où il était. Buffham a fait la même observation en Angleterre. Ces divers exemples prouvent définitivement que les satellites de Jupiter sont parfois visibles à l'œil nu.

Cette observation constitue la plus haute épreuve que je connaisse pour juger de la portée de la vue humaine. Les meilleurs yeux seuls peuvent distinguer ces satellites, dans une atmosphère parfaitement transparente. L'un des astronomes contemporains qui jouit de la plus longue vue est le Dr Heis, de Cologne. Pour lui les étoiles n'ont aucun rayon ; il dédouble constamment Mizar et α du Capricorne, et, quand l'air est très-pur, ω du Scorpion, δ de la Lyre, et ε de la Lyre. Outre les six Pléiades principales, il distingue Pléione, Céléno, Astérope et plusieurs autres. Il voit Vénus, Jupiter et Mercure en plein soleil, et Uranus quand il n'y a pas de clair de Lune ; mais il ne lui est jamais arrivé de distinguer les satellites de Jupiter.

La conclusion de cette discussion est que les *satellites de Jupiter peuvent être visibles à l'œil nu,* mais rarement, difficilement, et seulement pour des vues exceptionnelles.

IX.

LES SATELLITES D'URANUS.

Après de nombreuses années d'observations, William Herschel a cru que la planète découverte par lui était accompagnée de *six* satellites, pour lesquels il avait évalué lui-même les durées de révolutions suivantes, dans l'ordre des distances à la planète :

I.	5 jours	21 heures
II.	8	18
III.	10	23
IV.	13	11
V.	33	01
VI.	107	16

Mais des publications même d'Herschel il résulte que l'existence de chacun de ces différents satellites est loin d'avoir la même certitude.

Les satellites II et IV, que William Herschel a découverts les premiers le 11 janvier 1787 et qu'il appelle constamment le *premier* et le *second*, existent bien certainement ; l'astronome de Slough les a observés maintes fois du 11 janvier 1787 au 25 mai 1810 ; son fils les a suivis de 1828 à 1832 ; depuis, Lamont, O. Struve, Lassell (cet astronome les appelle *Titania* et *Oberon*), Holden et Newcomb, lord Rosse et Ralph Copeland les ont fréquemment étudiés.

On n'en saurait dire autant des quatre autres, dont

Herschel annonça l'existence à la Société Royale le 14 décembre 1797. La lecture des Mémoires d'Herschel, insérés dans les *Philosophical Transactions* pour 1798 et 1815, prouve que :

1° Le satellite I a été observé par lui, les 18 janvier 1790, 27 mars 1794, 15 février 1798 et 17 avril 1801 ;

2° Le satellite III a été vu deux fois seulement, les 26 et 27 mars 1794 ;

3° Quant aux satellites V et VI, Herschel n'en a annoncé l'existence qu'en se fiant, comme il le dit lui-même, à son extrême habileté pour voir les astres faibles, l'existence de ces satellites pouvant exciter quelques doutes (*).

Il a cru les voir, et en a soupçonné l'existence un certain nombre de fois : entre autres, et la première fois, le 9 février 1790, pour le satellite V, et le 28 février 1794 pour le satellite VI.

Cependant son fils, sir John Herschel, dans la discussion qu'il a publiée, en 1834, des observations de son père et des siennes propres, déclare qu'il doute absolument de l'existence des satellites I, III, V et VI du petit tableau précédent.

En 1838, Lamont crut, une seule fois, voir un autre

(*) In such delicate observations, as these of the additional satellites, there may possibly arise some doubts with those who are very scrupulous; but as I have been much in the habit of seeing very small and dim objects, I have not been detained from publishing these observations sooner, on account of the least uncertainty about the existence of these satellites (*Philosophical Transactions for* 1798, p. 66).

satellite que les deux d'Herschel. Dix ans plus tard, MM. Struve et W. Lassell étudièrent le système d'Uranus. Ils observèrent tous deux un troisième satellite moins brillant que les deux premiers, mais ne purent définitivement s'assurer de son existence et de l'état réel du système uranien. La question ne fut éclaircie qu'en 1851.

C'est à cette époque que M. Lassell construisit son premier télescope de 2 pieds ($0^m,67$) d'ouverture et 20 pieds ($6^m,71$) de foyer. Il le tourna aussitôt vers le monde d'Uranus, revit aisément les deux satellites II et IV (*premier* et *second* d'Herschel), qu'il appela *Titania* et *Oberon;* mais au lieu des quatre autres, qu'il ne put jamais apercevoir, il en découvrit deux nouveaux plus rapprochés de la planète, qu'il appela *Ariel* et *Umbriel*. Voici ces quatre satellites :

		Jours.	Heures.	Minutes.	Secondes.
Ariel, avec une révolution de		2	12	29	20,7
Umbriel,	»	4	3	28	7,5
Titania,	»	8	16	56	25,6
Oberon,	»	13	11	6	55,4

Oberon et Titania étaient les plus brillants et possédaient à peu près un éclat égal, Ariel était moitié moins brillant que les premiers et Umbriel était plus faible encore.

En 1863, cet illustre astronome recommença ses observations à Malte avec son télescope de 4 pieds et il arriva à la conclusion suivante pour l'ensemble de ses recherches : « Je suis entièrement persuadé que, s'il y a d'autres satellites que les quatre dont je viens

de citer les noms, ces satellites sont encore à découvrir. »

Tout récemment enfin MM. Newcomb et Holden ont repris l'étude de cette question, avec le grand équatorial d'Alvan Clark (26 pouces = $0^m,66$ d'ouverture) de l'Observatoire naval de Washington, et ils en ont fait connaître le résultat à la Société astronomique de Londres. Pendant la longue série de leurs observations, ils n'ont pu, eux aussi, apercevoir que les quatre satellites signalés par M. Lassell. De là à la conclusion que ces quatre satellites sont les seuls du monde d'Uranus il n'y avait qu'un pas : MM. Newcomb et Holden le franchirent.

Mais ce dernier voulut interpréter les anciennes observations de William Herschel sur les quatre satellites additionnels. Pour cela, il se servit des Tables calculées par M. Newcomb à l'aide des observations de M. Lassell, et crut pouvoir conclure que le satellite aperçu par Herschel, les 18 et 20 janvier 1790 et le 17 avril 1801, n'était autre qu'Umbriel ; et que le satellite vu le 27 février 1794 était Ariel, tandis que, au contraire, toutes les autres observations indiquées dans le Mémoire d'Herschel se rapportaient à des étoiles fixes.

Se basant sur ses déductions, M. Holden arrive à cette conclusion « qu'en fait sir William Herschel est réellement l'*inventeur* des satellites Ariel et Umbriel, tout aussi bien que de Titania et d'Oberon ».

M. Lassell a réclamé avec raison contre cette conclusion.

En effet, dans le dernier Mémoire qu'il a publié sur

ce sujet (*), l'illustre astronome de Slough discute et commente son premier travail de 1798 et y décrit longuement ce qu'il appelle sa *méthode d'identification* des satellites; puis, après un grand nombre de remarques sur ses anciennes observations, auxquelles il

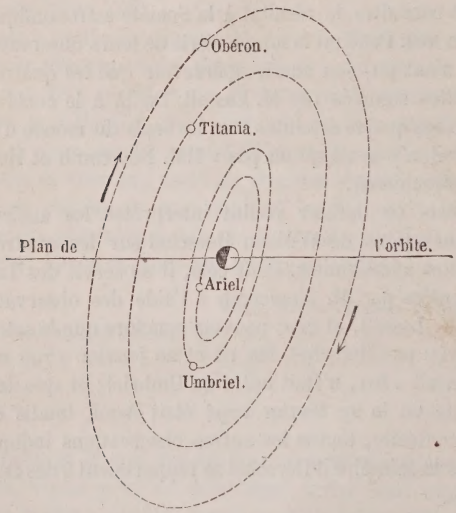


Fig. 18. — Le système d'Uranus.

n'en ajoute pas une seule nouvelle, il conclut, sans élever à ce sujet le moindre doute, à la *réalité* de sa découverte des quatre satellites additionnels. Est-il

(*) *On the Georgian planet* (*Philosophical Transactions of the Royal Society for* 1815).

alors admissible d'attribuer à Herschel la découverte de deux autres satellites situés tous deux plus près de la planète que le plus voisin des quatre satellites additionnels d'Herschel, surtout si l'on pense qu'après un intervalle de plus de soixante ans, et en se servant des meilleures lunettes qui aient été faites, jamais un astronome n'a pu retrouver ni l'un ni l'autre de ces satellites? Il est évident que l'honneur de la découverte d'Ariel et d'Umbriel appartient à M. Lassell, de même qu'à MM. Holden et Newcomb appartient le mérite d'avoir les premiers donné une théorie complète du système. Le système authentique d'Uranus est donc définitivement celui qui est représenté dans la figure précédente.

Nous ajouterons que lord Rosse et R. Copeland, qui, en 1873 et 1874, firent à Birr-Castle, avec le grand télescope, une belle série d'observations du système uranien, ne purent apercevoir non plus d'autres satellites que ceux indiqués par M. Lassell. Ils ont publiés dans les *Monthly Notices* un choix remarquable d'observations sur Oberon, Titania, Umbriel et Ariel. D'après le témoignage des deux premiers, ils ont déduit pour la masse d'Uranus :

Par Oberon..... $\frac{1}{23577}$

Par Titania..... $\frac{1}{24422}$

MM. Newcomb, Holden et Hall ont publié dans les *Astronomische Nachrichten* les observations qu'ils ont faites, en 1875, sur les quatre satellites d'Uranus et

celui de Neptune à l'Observatoire naval des États-Unis avec le grand équatorial de 26 pouces. Les grossissements employés ont varié depuis 610 jusqu'à 1270.

Ainsi, en résumé, Uranus n'a d'authentiques que les *quatre* satellites nommés plus haut. Les observations de ces petits mondes sont rigoureuses, la théorie de leur mouvement est connue et les éphémérides en peuvent être publiées.

Ajoutons qu'il existe dans le système des satellites d'Uranus une équation assez curieuse, signalée récemment par M. d'Arrest.

Lorsque les deux satellites *intérieurs* sont en conjonction, les deux satellites *extérieurs* ne peuvent être eux-mêmes en conjonction qu'à une longitude unique et déterminée, de sorte que c'est à *cette longitude seulement* que peut avoir lieu la conjonction des quatre satellites.

Cette équation, qui correspond à la libration des satellites de Jupiter, est une conséquence d'une relation non remarquée jusqu'ici entre les durées des révolutions synodiques des satellites d'Uranus, relation tellement approchée qu'elle donne à moins de $\frac{1}{13000}$ près le temps que M. Lassell assigne dans ses dernières déterminations à la révolution synodique du premier satellite. Les perturbations considérables dont M. Adams a constaté l'existence dans le monde d'Uranus dépendent sans doute en grande partie de cette équation.

X.

ANALYSE SPECTRALE DES PLANÈTES.

Un travail plus complet que ceux qui avaient été faits par le P. Secchi et par M. Huggins sur les spectres des *planètes* a été terminé récemment par M. Vogel, directeur de l'Observatoire de Bothcamp. Les résultats de ce travail sont extrêmement intéressants au point de vue de la doctrine de la Pluralité des mondes. Nous en traduirons ici le résumé concis, d'après la publication allemande le *Naturforscher*.

L'auteur a fait précéder ses recherches d'une étude approfondie des raies telluriques, raies produites dans le spectre solaire par l'absorption de notre propre atmosphère terrestre. En écartant ces raies telluriques des spectres des autres planètes, on obtient le spectre propre de chaque planète. Ce spectre n'est autre d'ailleurs que le spectre solaire lui-même réfléchi par la planète, auquel s'ajoutent les raies d'absorption produites sur chaque monde par sa propre atmosphère, laquelle est traversée deux fois par la lumière solaire : 1° lorsqu'elle arrive du Soleil au sol planétaire ; 2° lorsqu'elle est réfléchie dans l'espace par ce sol. La lumière réfléchie par chaque planète a été analysée à l'aide d'un spectroscope plus ou moins dispersif, suivant l'éclat qu'elle présentait. Voici ces conclusions :

Les raies principales du spectre de Mercure coïncident absolument avec celles du spectre solaire. Il

résulte de plus des observations que certaines raies, qui ne se produisent dans le spectre du Soleil que lorsque cet astre est très-bas sur l'horizon et que l'absorption par notre atmosphère est très-considérable, se retrouvent en permanence dans le spectre de Mercure. *On doit donc conclure de là à l'existence d'une enveloppe gazeuse autour de Mercure,* exerçant sur les rayons solaires une action absorbante égale à celle de notre atmosphère, lorsqu'elle atteint son maximum. En général, les portions les moins réfrangibles du spectre de Mercure présentent un plus vif éclat que les portions plus réfrangibles; mais il est impossible de séparer ici l'effet de notre atmosphère de celui qui est produit par l'atmosphère de la planète.

La lumière que nous envoie Vénus est semblable, dans ses traits essentiels, à la lumière solaire; il s'y ajoute seulement quelques raies qui peuvent être identifiées avec celles du spectre d'absorption de notre atmosphère. Les observations astronomiques ont démontré d'une manière à peu près certaine que Vénus est entourée d'une atmosphère renfermant, en couche très-dense, de nombreux produits de condensation. Puisque les modifications apportées par cette atmosphère au spectre solaire sont très-faibles, il faut donc en conclure que les rayons solaires qui nous sont renvoyés par Vénus sont réfléchis pour la plupart *à la surface de la couche de nuages qui l'enveloppe, sans presque pénétrer à l'intérieur.* D'après les observations de M. Janssen, les raies telluriques proviennent en grande partie de la vapeur d'eau; « on peut donc, de ce qui précède, admettre comme très-probable que

l'atmosphère de Vénus renferme de l'eau, cet élément indispensable à la vie. »

Dans le spectre de Mars, on retrouve un très-grand nombre de raies du spectre solaire. Dans les portions les moins réfrangibles du spectre apparaissent quelques bandes qui n'appartiennent point au spectre solaire, mais qui coïncident avec celles du spectre d'absorption de notre atmosphère. On peut conclure avec certitude que *Mars possède une atmosphère qui*, pour la composition, *ne diffère pas essentiellement de la nôtre*, et doit être riche, en particulier, en *vapeur d'eau*. La coloration rouge de Mars semble résulter d'une absorption qui s'exerce généralement sur les rayons bleus et violets dans leur ensemble; au moins il n'a pas été possible de discerner, dans cette portion du spectre, des bandes d'absorption tranchées. Dans le rouge, entre C et B, on devine des raies qui seraient spéciales au spectre de ce monde; mais il n'a pas été possible de fixer leur position à cause de la trop faible intensité lumineuse.

Parmi les petites planètes, M. Vogel a observé Vesta et Flore ; ces observations présentent une grande incertitude par suite du peu d'éclat du spectre ; celles qui ont été faites sur Vesta sembleraient indiquer l'existence d'une atmosphère autour de ce planétoïde.

Les recherches sur le spectre de Jupiter ont établi que la plupart des raies qu'on distingue dans le spectre de cette planète, et elles sont en très-grand nombre, coïncident avec des raies du spectre solaire. Le spectre de Jupiter diffère de celui du Soleil par la présence de quelques bandes obscures dans la portion la moins

réfrangible, et parmi lesquelles on doit signaler surtout une bande dans le rouge, dont la longueur d'onde a été évaluée en moyenne à 617,85 millionièmes de millimètre. Les autres raies étrangères au spectre solaire coïncident avec des raies telluriques.

Tandis qu'il se produit des bandes dans les parties les moins réfrangibles du spectre, les radiations les plus réfrangibles bleues et violettes éprouvent une absorption uniforme. L'enveloppe gazeuse qui entoure Jupiter exerce donc sur les rayons solaires qui la traversent une action analogue à celle que produit la vapeur d'eau de notre atmosphère; d'où il nous est permis de conclure la présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de Jupiter. Cette bande obscure, dans le rouge, mentionnée plus haut (longueur d'onde, 617,85), est *propre au spectre de Jupiter*. On ne peut pas décider, pour le moment, si la production de cette bande résulte de la présence d'un corps spécial qui ne se trouve pas dans notre atmosphère, ou de ce que les gaz composant l'atmosphère de Jupiter seraient mélangés dans des proportions différentes de celles de l'air. Il serait possible aussi que la composition des deux atmosphères fût la même, mais que leur action sur les rayons solaires différât seulement, par suite des circonstances de température et de pression, tout autres à la surface de Jupiter de ce qu'elles sont sur notre planète.

Le spectre des bandes sombres qu'on observe sur le disque de Jupiter se caractérise surtout par une absorption uniforme, très-marquée, que subissent les rayons bleus et violets. On ne voit point apparaître à ces places-là de nouvelles bandes d'absorption, mais

les raies y sont plus marquées et plus larges qu'ailleurs, ce qui prouve nettement que *les portions obscures de la surface de Jupiter sont plus profondes que les portions avoisinantes*. La lumière solaire pénètre plus profondément en ces places-là dans l'atmosphère de la planète et y subit une altération plus marquée.

La coloration orangée de la planète et en particulier la teinte plus prononcée des portions sombres s'expliquent par l'absorption uniforme que l'atmosphère de Jupiter exerce sur les rayons bleus et violets.

Dans le spectre de Saturne, on a pu reconnaître les raies les plus marquées du spectre solaire. Quelques bandes, surtout dans le rouge et l'orangé, n'ont pas leur équivalent dans le spectre solaire; mais elles coïncident avec des groupes de raies du spectre de notre atmosphère, *à l'exception toutefois d'une bande très-intense* (longueur d'onde moyenne = 618,2). Les rayons bleus et violets subissent une absorption uniforme dans leur passage à travers l'atmosphère de Saturne; cette absorption est surtout très-marquée dans la zone équatoriale obscure. Le spectre de Saturne présente donc *la plus grande analogie avec celui de Jupiter*.

Il n'en est pas de même du spectre de *l'anneau*. La bande caractéristique dans le rouge ne s'y retrouve pas, ou du moins n'y est marquée que par une faible trace. On pourrait conclure de là que *l'anneau n'a pas d'atmosphère*, ou n'est entouré que d'une couche gazeuse de densité et d'épaisseur très-faibles.

Le faible éclat du spectre d'Uranus ne permet pas d'y distinguer les raies de Fraunhofer ; on y voit néan-

moins une bande dont le milieu coïncide, dans la limite des erreurs d'observation, avec la raie F. On a pu mesurer avec une certaine exactitude les longueurs d'onde de cinq bandes du spectre d'Uranus (longueurs d'onde = 618, 596, 573,8, 542,5 et 486,1 millionièmes de millimètre). En outre, la portion la plus obscure d'une bande dans le rouge a été fixée à 628 millionièmes de millimètre ; mais, à cause de l'excessive faiblesse de cette portion du spectre, cette donnée est très-incertaine ; il en est de même pour les bandes situées à l'autre extrémité du spectre, entre 457 et 427. Vers le milieu du spectre, on a encore discerné dans certaines occasions d'autres bandes, dont la position n'a pu toutefois être établie.

Il est hors de doute que les bandes observées de la sorte dans le spectre d'Uranus résultent de l'absorption des rayons solaires dans *une atmosphère enveloppant cette planète*. Il n'est pas possible, dans l'état actuel de la science, de déterminer quels sont les corps qui produisent cette absorption. Nous remarquerons seulement qu'une des bandes du spectre d'Uranus (longueur d'onde 618) coïncide exactement avec une bande des spectres de Jupiter et Saturne.

Le spectre de Neptune diffère essentiellement du spectre solaire ; il est caractérisé par la présence de quelques larges raies d'absorption. Son très-faible éclat ne permet pas d'y reconnaître les raies de Fraunhofer, ni de mesurer avec exactitude la place des bandes obscures. Il semble néanmoins ressortir de ces mesures que le spectre de Neptune est identique à celui d'Uranus.

XI.

OCCULTATION DE VÉNUS, ÉCLIPSE DE SOLEIL ET ÉCLIPSE DE LUNE, OBSERVÉES PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1874, A PARIS.

Il est rare que l'on ait à signaler, et surtout à observer, trois éclipses en quinze jours. C'est cependant ce qui a eu lieu au mois d'octobre 1874. Dans son cours autour de la Terre, la Lune a éclipsé le Soleil le 10 octobre, occulté Vénus le 14, et s'est éclipsée elle-même le 25. J'ai pu observer ces trois phénomènes, que j'exposerai brièvement ici comme simple constatation de faits d'Astronomie physique.

L'éclipse de Soleil du 10 octobre était annulaire pour les habitants de la Sibérie orientale, et seulement partielle à Paris. Commencée à $9^h 17^m$ du matin par le sommet du disque solaire, l'éclipse est arrivée à sa plus grande phase à $10^h 21^m$; mais le commencement a été caché par des nuages. Grâce à des éclaircies, j'ai pu l'observer depuis 10 heures jusqu'à la fin, arrivée à $11^h 30^m$, à 92 degrés nord-est du sommet nord du Soleil. L'observation au photomètre m'a donné les mêmes résultats que ceux de l'éclipse du 22 décembre 1870 (*), c'est-à-dire une diminution de lumière plus faible que celle qui paraissait devoir correspondre à la surface solaire éclipsée. L'observation du thermomètre n'a indiqué que 1°,5 de diminution de température au

(*) *Voir* le tome IV de ces *Études*.

Soleil au moment de la phase maximum avec ce qu'elle eût été si la progression eût été régulière. Le seul caractère intéressant de l'éclipse a été de nous montrer les échancrures du limbe lunaire produites par les montagnes amenées sur le bord en vertu de la libration.

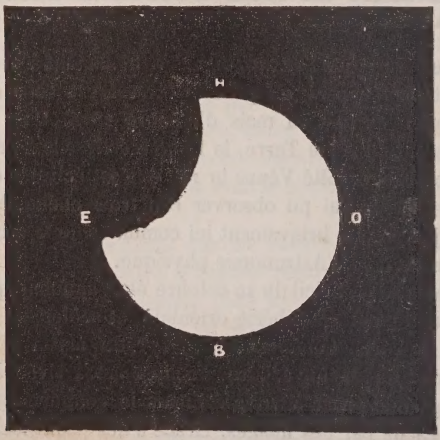


Fig. 18. — Éclipse partielle de Soleil du 10 octobre 1874.

En effet, le bord de la Lune n'était pas uni sur toute sa longueur ; les deux premiers tiers, à partir du haut, l'étaient parfaitement, mais le dernier tiers était sensiblement échancré. On distinguait surtout, à partir du bas, d'abord un groupe montagneux, dont la première échancrure coupait l'angle même du croissant : c'étaient les monts *Dœrfel* (hauteur = 7800 mètres). On remarquait encore un peu plus haut, en suivant le disque,

un long plateau dépassant le niveau moyen : c'était le massif des monts *Leibnitz*, situé dans une position analogue entre les deux hémisphères lunaires et d'une élévation égale. Ces immenses chaînes de montagnes qui avoisinent le pôle sud ne peuvent certainement jamais mieux montrer leur profil que lorsque la libration les amène juste au bord du disque visible, au moment d'une éclipse. La Lune marchant du nord-ouest au sud-est sur le Soleil, ces échancrures sortirent successivement, et bientôt le disque lunaire parut parfaitement uni sur toute son étendue projetée.

L'occultation de Vénus a été très-difficile à observer, à cause de l'heure (3 heures de l'après-midi), de la lumière éblouissante du ciel et des nuées blanches qui occupaient le sud. La Lune n'était qu'à son quatrième jour, et n'offrait qu'un mince croissant à peine visible à l'est du Soleil; Vénus offrait dans la lunette un croissant du même ordre que celui de la Lune, un peu plus large relativement, très-visible et nettement dessiné dans le champ de l'instrument. L'observation a été faite avec une lunette de 4 pouces d'ouverture, munie de son plus faible oculaire (grossissant cinquante-trois fois seulement).

Le croissant de Vénus était très-pur, et sa limite intérieure était aussi nette que sa limite extérieure, ce qui n'a plus eu lieu depuis. La Lune devait pendant $1^h 14^m$ passer devant la planète et lui faire décrire en apparence derrière elle la corde tracée sur notre *fig.* 20, Vénus paraissant se mouvoir de droite à gauche, ou de l'ouest à l'est, pénétrer derrière la Lune par son côté

obscur et en sortir par son côté éclairé. Ici l'image est renversée telle qu'elle est vue dans la lunette astronomique.

J'étais occupé à examiner ce léger petit croissant de Vénus, lorsque soudain je le vis diminuer par son arc

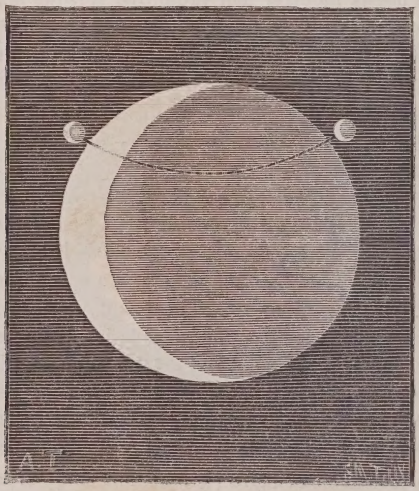
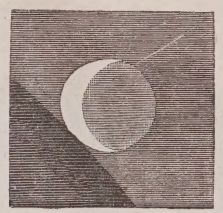


Fig. 20. — Occultation de Vénus par la Lune, le 14 octobre 1864.

inférieur et se laisser manger graduellement par le bord obscur et *absolument invisible* de la Lune. Ma surprise fut si grande, quoique je m'attendisse à cette disparition, que je ne songeai pas à compter les secondes, et que je me bornai à crier : « Elle entre ! » Les per-

sonnes qui se trouvaient à mon modeste observatoire et qui venaient d'admirer Vénus dans le ciel étaient des plus surprises de ne l'y plus trouver, sans pouvoir apercevoir le corps qui l'éclipsait, car le ciel paraissait d'un bleu laiteux, égal en intensité des deux côtés du croissant lunaire.

Fig. 21.



L'immersion s'est faite sans que la plus légère pénombre ni déformation ait décelé l'indice de la *moindre atmosphère lunaire*. Le disque lunaire coupa successivement le croissant de Vénus dans le sens indiqué (*fig.* 21, 22 et 23). Au dernier moment de l'immersion, on ne voyait que la corne supérieure du croissant : sa disparition eut lieu à $3^h\,43^m\,29^s$, temps moyen de Paris.

Fig. 22.

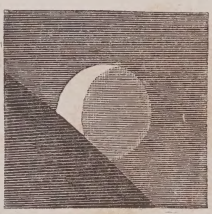
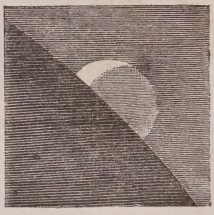


Fig. 23.



A $4^h\,55^m\,20^s$, Vénus reparut comme un point lumineux sur le bord occidental du pâle croissant lunaire et s'en dégagea peu à peu. La sortie dura plus d'une minute. Au milieu de l'émersion, quand la corne supérieure du croissant commença à se dégager, on vit comme un point se dessiner sur le limbe lunaire. Ce point s allongea

et s'arrondit (*fig.* 24). Le croissant fut entièrement dégagé à $4^h 56^m 28^s$. La constatation des moments m'a paru plus facile que lors du dernier passage de Mercure, quoiqu'il me semble difficile toutefois d'en être sûr à moins d'une seconde près.

Fig. 24.

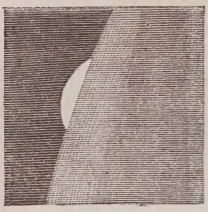


Fig. 25.

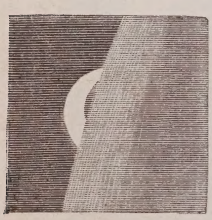


Fig. 26.

Juxtaposée comme elle l'était à l'hémisphère lunaire éclairé, on pouvait facilement comparer la lumière de Vénus à celle de la Lune, et constater qu'elle est incomparablement plus *blanche* et plus intense. Cette énorme différence devint surtout très-sensible le soir, vers 6 heures, lorsqu'on put voir les deux astres à l'œil nu.

Grâce aux conditions météorologiques assez favorables du mois d'octobre, j'ai pu également observer *l'éclipse de Lune* du 25, qui a eu lieu de $4^h 53^m$ du *matin* à $6^h 36^m$. La pleine Lune devait entrer à $4^h 53^m$ dans la *pénombre* formée par l'atmosphère terrestre autour du cône d'ombre de notre planète; mais la Lune était déjà basse vers l'horizon occidental, et des vapeurs épaisses, des brouillards et

des traînées nuageuses l'entouraient d'une sorte de voile blanchâtre. L'image était loin d'être nette, quoiqu'on distinguât fort bien l'ensemble de la géographie lunaire. La montagne blanche et rayonnante d'Aris-

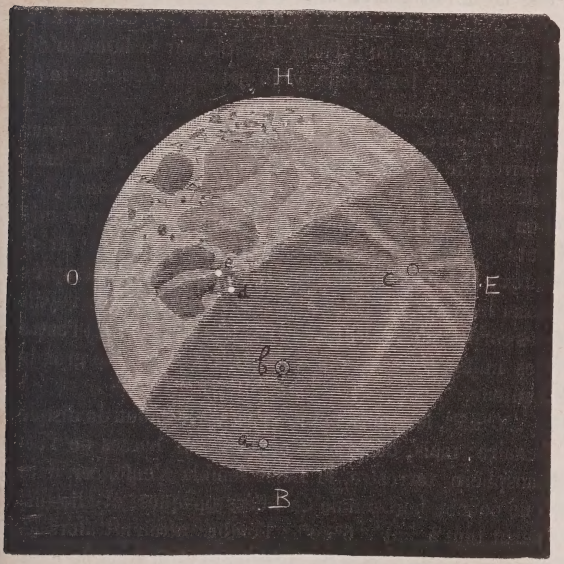


Fig. 27. — Éclipse partielle de Lune du 25 octobre 1874.

tarque brillait juste dans la partie inférieure du diamètre vertical du disque, et resta perceptible même lorsque cette région fut entrée dans l'ombre. Je ne suis pas parvenu à distinguer la pénombre.

A 5^h30^m, on ne remarquait encore rien qui ressemblât

à une éclipse sur le disque lunaire, très-brouillé, je le répète ; mais, à $5^h 45^m$, la Lune parut sensiblement obscurcie au nord-est, c'est-à-dire en haut et à gauche (image droite, ou à droite et en bas dans la lunette). Comme elle ne devait entrer dans l'*ombre* même *de la Terre* qu'à $5^h 51^m$, j'en conclus que l'ombre de l'atmosphère terrestre n'a produit d'effet sensible sur la lumière de la Lune que lorsqu'elle y projeta ses couches inférieures, épaisses et nuageuses.

A 6 heures, notre satellite était éclipsé du quart environ de son diamètre, mais l'ombre de la Terre finissait par une teinte dégradée insensiblement, et non par une limite nette et tranchée. Quelques minutes après, la ligne d'ombre atteignait le mont Aristarque (*a*), et, en s'avançant toujours, bientôt après aussi les monts Copernic (*b*) et Tycho (*c*). On voyait des corpuscules noirs passer en tous sens devant l'astre des nuits : c'étaient des oiseaux volant à une grande hauteur.

A $6^h 25^m$, le cône d'ombre atteignit le milieu du disque lunaire ; mais, descendue aux régions basses de l'atmosphère terrestre, la Lune sembla s'enfoncer dans une couche horizontale de nuées opaques, et elle disparut tout à fait à $6^h 30^m$: l'ombre atteignit alors les limites (*d*) de la mer de la Sérénité et presque le mont Manilius (*e*). C'est la plus grande phase de l'éclipse qui ait été visible à Paris : elle est représentée dans la figure précédente.

Quelques minutes après, à $6^h 37^m$, le Soleil se levait radieux à l'horizon oriental.

On aurait pu voir à Paris, en 1876, une éclipse de

Lune intéressante par ce fait assez rare qu'elle était visible avec le Soleil au-dessus de l'horizon; mais le mauvais temps nous a empêché de l'observer. Le milieu de l'éclipse est arrivé à $6^h 30^m$ du matin; la Lune se couchait à $6^h 30^m$ aussi; le Soleil se levait à $6^h 25^m$, cinq minutes avant le coucher de la Lune. On aurait donc pu voir en même temps le Soleil éclairant la pleine Lune, la Terre où nous sommes l'éclipsant, et la Lune partiellement éclipsée. Ce fait de voir le Soleil pendant une éclipse de Lune serait impossible sans la réfraction de l'atmosphère terrestre qui élève les deux astres au-dessus de leur position vraie, tandis qu'en réalité les trois centres du Soleil, de la Terre et de la Lune se trouvent sur une même ligne droite. Ici la Lune était dans l'*ombre* même de la Terre et au milieu même de l'éclipse. Il est moins rare de voir la Lune dans la *pénombre* avec le Soleil sur l'horizon; c'est ce qui est arrivé, en ces dernières années, le 12 juillet 1870 (lever de la Lune à $7^h 53^m$ soir, entrée dans la pénombre à $7^h 55^m$; coucher du Soleil à $7^h 59^m$), et le 15 novembre 1872 (lever du Soleil à $7^h 11^m$, coucher de la Lune à $7^h 15^m$, Lune dans la pénombre).

Avant de quitter ces phénomènes, signalons une *curieuse occultation* d'une étoile par la Lune, observée récemment.

Certains phénomènes célestes peuvent être visibles pour un point et invisibles pour un autre fort peu éloigné du premier. Une éclipse de Soleil, par exemple, pourrait être totale pour un arrondissement de Paris et seulement partielle pour un autre arrondissement. Les observations de ces cas sont fort rares.

Voici une occultation d'étoile qui est curieuse à ce point de vue. Le 27 février 1874, on attendait à l'Observatoire royal d'Angleterre, à Greenwich, près de Londres, le passage de la Lune près d'une étoile (ν^2 du Cancer), pour savoir si notre satellite occulterait cette étoile ou passerait presque en contact avec elle sans l'éclipser. C'est ce dernier cas qui s'est présenté. Soigneusement suivie par l'un des astronomes, l'étoile a frôlé le disque lunaire, pour ainsi dire, sans être occultée, même pendant une seconde.

A une faible distance de là, à l'Observatoire de Leyton, qui n'est qu'à 9 kilomètres au sud-est de Londres, l'étoile a été occultée pendant huit secondes; elle a paru courir pendant vingt minutes le long du bord lunaire, en passant fréquemment pendant une seconde et plus derrière les montagnes échancrant ce bord. On a noté avec soin les deux moments de la disparition et de la réapparition, qui sont, en temps de Greenwich :

Disparition.....	$8^h 33^m 16^s 48$
Réapparition.....	$8^h 33^m 24^s 48$

C'est là, comme on voit, une occultation assez rare, non peut-être par sa brièveté, mais surtout par suite de la circonstance signalée plus haut.

Sept jours auparavant, le 20 février, M. Talmage avait également observé à l'observatoire de M. Barclay, à Leyton, l'occultation de la planète Neptune par la Lune.

XII.

DERNIÈRES ÉCLIPSES DE SOLEIL OBSERVÉES.

I.

Éclipse totale du 16 avril 1874.

On ne peut se dispenser d'accorder une certaine attention à cette importante éclipse, quoiqu'elle n'ait pas été visible dans les régions accessibles aux astronomes de l'Europe. Il n'y a qu'une série d'observations à son sujet : elle est due à M. Stone, astronome royal du Cap de Bonne-Espérance, qui a été assez favorisé pour se trouver dans une localité où le temps était aussi satisfaisant que possible. Le point choisi par M. Stone était Klipfontein, dans le Namaqualand, Afrique du Sud : ce pays était situé à 55 milles de la mer, et à 20 milles de la ligne d'ombre centrale. Dans beaucoup d'autres localités placées sur la trajectoire de l'ombre, les nuages n'ont pas permis de voir le phénomène pendant tout le temps que réclamaient les observations. A Port-Nolloth, sur la côte ouest, et à Port-Elisabeth ainsi qu'à Graham-Stown, sur la côte sud-est de la colonie, on n'a pu voir qu'une faible portion de l'éclipse.

Les observations de M. Stone ont une grande importance, et cependant elles laissent encore à désirer, à cause du petit nombre d'instruments qui se trouvaient à sa disposition. Il lui aurait été très-utile d'avoir un équatorial bien fixé et muni d'un mouvement d'hor-

logerie, mais il ne pouvait jouir de cet avantage au Cap. Dans son embarras, M. Stone s'adressa au Conseil, dans l'espoir de recevoir son concours, mais malheureusement on n'avait aucun équatorial convenable pour ses besoins, et quelques-uns des spectroscopes prêtés pour des expéditions antérieures relatives à des éclipses n'avaient pas été encore renvoyés à la Société. Les ressources de M. Stone en instruments se réduisirent alors à peu près à une lunette de 4 pouces; à cet instrument se trouvait joint un spectroscope.

Les flammes colorées en rose s'étendaient dans presque toutes les directions autour de la Lune, mais à différentes hauteurs. Quant à la couronne, elle parut beaucoup moins compliquée que dans les éclipses ordinaires, ce qui semble, en effet, tenir à l'extrême pureté de l'air. — Une ascension aérostatique faite à grande hauteur au moment de ces phénomènes ne permettrait-elle pas de séparer du phénomène coronal tout ce qui n'appartient point au Soleil?

Pendant que l'éclipse augmentait, M. Stone examinait avec le plus grand soin les parties du disque solaire que le limbe allait recouvrir. Il lui fut impossible de discerner l'apparition d'une ligne noire d'absorption, due à la présence d'une atmosphère lunaire. Aussitôt que le dernier point du disque eut disparu, il vit le champ couvert de lignes brillantes, produites par le renversement des lignes de Fraunhofer; mais, à peine avait-il commencé à compter les raies lumineuses, qu'il vit apparaître les lignes caractéristiques de l'hydrogène, en même temps que les raies lumineuses disparaissaient. La vision était troublée par l'interposi-

tion de protubérances rosées, dont le spectre caractéristique a été déterminé.

Les raies lumineuses provenant de l'inversion du spectre ordinaire reparurent aussitôt que M. Stone se mit à viser la portion de la couronne située à l'extérieur des protubérances.

Quant à ce qui concerne l'existence de lignes d'absorption additionnelles, dans le spectre du Soleil, auprès du contour de la Lune, il a cherché avec le plus grand soin s'il était possible d'en découvrir et n'a pu que constater leur absence; le spectre, près du bord de la Lune, était absolument le même qu'à une distance considérable de ce bord. On peut déduire de ces observations une nouvelle preuve qu'il n'existe aucune atmosphère sensible autour du bord de la Lune, et nous nous trouvons encore ici autorisé à dire qu'il n'y a là aucune réfraction des rayons de la lumière du Soleil ou de la couronne, et qu'aucune modification de la couronne visible ne peut être attribuée à une cause de ce genre.

Lorsque le moment de la totalité approcha, M. Stone reposa un instant son œil, puis amena au centre de la fente le croissant solaire qui s'amincissait de plus en plus, et maintint cette position jusqu'au moment de la totalité. A cet instant, et pendant quelques moments, le champ se montra rempli de raies brillantes de différentes longueurs. Toutes les raies de Fraunhofer paraissaient renversées, mais évidemment ce n'était là qu'une impression. « J'étais à peine revenu de mon premier moment de surprise, dit-il, et je commençais à compter les raies, lorsque la plus grande partie d'entre elles s'évanouit, et je ne vis plus, à très-

peu de chose près, que le spectre de l'hydrogène. Il m'est difficile de me faire une idée juste du temps pendant lequel eut lieu le changement général, ou pendant lequel je supposai qu'il avait lieu, mais je ne crois pas qu'il ait duré plus d'une seconde. »

Aussitôt après, M. Stone, ne s'occupant pas d'examiner les proéminences du spectre, jeta un regard rapide sur l'éclipse pour voir si l'éclat de la couronne extérieure paraissait suffisant pour l'étude qu'il se proposait : c'était la seule occasion qu'il eut de voir l'éclipse, durant sa totalité, excepté au moyen du spectroscope. Plusieurs étoiles brillaient au ciel ; Vénus était celle qui ressortait le plus auprès de la couronne. « Ma première impression, dit-il, fut que la couronne se composait entièrement d'un anneau irrégulier de couleur rose. On voyait distinctement les protubérances colorées en rose, et leur nuance était plus foncée que celle de la couronne. En regardant attentivement, je vis distinctement la chromosphère. »

Aussitôt que la totalité fut complète, on lut le micromètre, et l'on fit la bissection de la ligne C et de la plus rapprochée des lignes B, afin d'empêcher toute possibilité d'erreur. La ligne brillante se trouva être la ligne 1474 de l'échelle de Kirchhoff. La longueur d'onde était de 5312, ce qui paraît différer environ de la largeur des lignes D de la valeur assignée à la ligne déjà vue dans le spectre de la couronne par M. Young.

Les résultats généraux que M. Stone pense avoir déduit de ses observations peuvent se résumer ainsi : 1° Une confirmation des lois d'Young sur le renverse-

ment général ou presque général des lignes de Fraunhofer dans le spectre de la couronne près de la photosphère. 2° Un examen spectroscopique de la couronne extérieure en opposition avec la couronne intérieure, continue sur une étendue de plus de 1 degré à partir du centre du Soleil ; on en a conclu que le spectre de la couronne extérieure se compose : d'un spectre linéaire d'une seule ligne brillante, soit réellement, soit apparemment, en ce sens que les autres raies ne seraient pas sensibles, dont la longueur d'onde est de 5323, et d'un spectre ordinaire de la lumière du Soleil avec des lignes d'absorption. On a trouvé que le spectre de la lumière du Soleil avait des lignes d'absorption, que le spectre de la couronne extérieure s'affaiblissait graduellement à mesure que l'on approchait de la limite de visibilité extrême de la couronne. 3° Cet examen spectroscopique de la couronne extérieure, combiné avec le caractère non changé de ses traits principaux, tels qu'ils ont été vus à Namaqualand, à Grignaland et à Basutoland, à des intervalles de temps s'étendant jusqu'à 10 minutes, et à des distances de plus de 300 milles, prouve l'origine solaire et le caractère cosmique de la couronne extérieure. Le défaut de coïncidence des positions de l'étendue générale de la couronne intérieure avec les branches principales de la couronne extérieure est un argument contre l'origine atmosphérique de la couronne extérieure. 4° Une comparaison du dessin de M. Hall, fait à Namaqualand, et des photographies obtenues en 1869 et en 1871, prouve que le caractère permanent de la contraction de la couronne intérieure est dans une direction parallèle ou à peu près paral-

lèle à l'axe de rotation du Soleil. Le caractère bien accusé de la contraction de la couronne extérieure dans la même direction, tel qu'on l'a vu dans l'éclipse de 1874, peut aussi, avec quelque probabilité, conduire finalement à une conclusion semblable.

Pendant que les savants étudiaient avec attention cette éclipse, le peuple la voyait sous de tout autres aspects.

Au beau milieu du phénomène, les indigènes interrompirent brusquement leurs travaux, en criant les uns aux autres : *Le Soleil est mourant, le Soleil est mort!*

Dans le Natal, les Zulus, dont le salaire se compte à la journée, demandèrent double gage, prétendant non sans raison qu'il y avait deux journées distinctes, séparées par une courte nuit.

La ligne de l'éclipse traversait les placers de diamants. Un propriétaire, aussi habile que Christophe Colomb lors de son éclipse de Lune, avertit ses ouvriers qu'il arriverait malheur au Soleil si on ne lui fournissait pas une pierre assez grosse. Les pauvres mineurs apportèrent au maître du placer un diamant de 45 carats pour la rançon de l'astre....

Il y a encore sur notre planète beaucoup plus de pays qu'on ne pense où les phénomènes célestes sont encore vus avec les yeux de la même ignorance que du temps d'Hérodote.

II.

Éclipse totale du 6 avril 1875.

Les observations de cette éclipse, malheureusement, n'ont pas été couronnées d'un plein succès ; ce résultat a été dû principalement au temps défavorable. On avait fait de grands préparatifs, on avait rédigé une série d'instructions sous la direction d'une commission de la Société Royale ; et, quoique ces préparatifs aient dû être faits un peu à la hâte, dans le dernier moment, à cause du peu de temps qui restait avant le départ d'Angleterre, on devait s'attendre, si le ciel avait été pur, à obtenir de bons résultats photographiques. L'éclipse était importante, et la durée de la phase totale était considérable dans les îles de Nicobar, à Mergui, sur la côte de Tenasserim, et dans le pays de Siam ; de sorte que, finalement, il fut décidé que l'on aurait deux stations, l'une à Camorta, et l'autre aussi près que possible de la ligne d'ombre centrale, en quelque lieu convenable, non loin de Bangkok, dans le royaume de Siam. Les observateurs étaient, à Camorta, le capitaine Waterhouse, le professeur Pedler et M. Tacchini, d'une part, et le Dr Vogel, M. Mendala et M. Reynolds, d'autre part. Le capitaine Waterhouse et M. Reynolds avaient déjà acquis une certaine expérience pour la manipulation pratique des photographies des éclipses : le premier, en 1871, avait aidé avec beaucoup d'habileté le colonel Tennant, à Dodabetta ; le second avait été, en 1860, l'assistant photographe de M. de La Rue, en Espagne. Dans le pays de Siam, la station se trou-

vait à Bangtelue, près de la pointe de Chulai, à environ 60 kilomètres de Bangkok, sur la côte ouest du golfe; elle était confiée au Dr Schuster, comme chef. M. Janssen, quoique n'étant pas officiellement attaché à la division anglaise, choisit cette station pour ses observations. Son observatoire se trouvait à environ 50 mètres des autres.

Comme le ciel, dans chaque station, n'a pas été parfaitement pur, surtout à Camorta, il en est résulté que le spectre de la chromosphère n'a pu se dessiner sur les plaques photographiques; aussi c'est à peine s'il y a lieu à donner un résumé des observations résultant du plan proposé par la commission de l'éclipse. Il nous suffira de remarquer que les observations n'étaient pas destinées à fournir les estimations oculaires des formes et des positions des protubérances solaires et de la couronne, comme dans toutes les éclipses antérieures du Soleil; on voulait seulement, pendant la totalité de l'éclipse, enregistrer au moyen de photographies les spectres donnés par les différentes couches de la chromosphère et par l'atmosphère de la couronne.

A Camorta, le ciel était entièrement couvert au moment critique; mais, dans le pays de Siam, le temps a été plus favorable : le ciel, quoique brumeux, a permis d'apercevoir tous les principaux phénomènes de l'éclipse.

A Camorta, on était comme pendant le sombre crépuscule d'une nuit d'orage. Le ciel et les objets environnants étaient colorés d'une teinte d'un gris-pourpre foncé; puis à l'horizon, à l'ouest du ciel, il y avait une

légère teinte orange doré, qui formait un contraste pittoresque avec les masses sombres et lugubres des nuages. Au moment où la totalité a commencé, ainsi qu'on pouvait en juger par l'obscurité, l'une des plaques photographiques fut exposée dans la chambre fixée au réflecteur de Browning; on la laissa pendant environ cinq secondes, jusqu'au moment calculé pour la totalité, puis on ferma l'ouverture; mais elle n'enregistra aucune trace d'image ou de spectre. Il y avait cependant assez de lumière diffuse dans le ciel pour donner un spectre visible dans le petit spectroscope de Browning à vision directe, avec lequel on examina la faible lumière émise par les nuages, et celle provenant d'un ou deux points terrestres qui brillaient à environ un mille de distance, et où la lumière de la couronne semblait arriver; mais, dans chaque cas, on n'a pu découvrir qu'un faible spectre solaire dans lequel trois ou quatre des principales raies de Fraunhofer étaient visibles.

Les nuages se dispersèrent peu à peu après la totalité de l'éclipse, ce qui permit à M. Tacchini de faire quelques observations spectroscopiques sur les cornes; ces observations furent faites 20 minutes avant la fin de l'éclipse. Quoique la phase de l'éclipse fût très-réduite lorsque cet astronome examina les cornes, il put, en rétrécissant la fente, voir les lignes renversées du magnésium, 1474 K, et les quatre lignes ordinaires entre *b* et F. Il fait remarquer que ces lignes sont les mêmes que celles que l'on voit presque tous les jours à Palerme, et que, ayant été visibles aussi peu de temps avant la fin de l'éclipse, elles indiquent ce que

l'on aurait pu voir pendant la totalité, si le ciel avait été parfaitement clair.

A Mergui, sur la côte de Tenasserim, point où l'on avait d'abord projeté d'établir la station, mais auquel on a renoncé, parce qu'on craignait en ce lieu un temps plus défavorable qu'à Camorta, il s'est trouvé, au contraire, que, pendant la totalité de l'éclipse, le temps a été absolument sans nuage et sans brume.

M. Janssen, dont la mission relative au passage de Vénus avait été prolongée de décembre 1874 à mai 1875 dans le but de l'observation de cette éclipse, n'a pas été plus heureux.

Le roi de Siam s'était montré animé d'un zèle scientifique rare chez les souverains. Mais, en dépit de toutes les prévisions et des meilleurs préparatifs, l'atmosphère a obstinément caché le Soleil aux observateurs. C'est une expédition à recommencer.

Si l'on compare néanmoins les faits acquis à l'Astronomie physique par ces quelques observations des deux éclipses de 1874 et 1875 et par les résultats beaucoup plus précis des éclipses précédentes analysées dans nos volumes antérieurs, on trouvera que toutes les observations sont admirablement concordantes, non-seulement pour les protubérances et la couronne solaire, mais encore pour l'identité des raies manifestées au spectroscope.

XIII.

PETITES PLANÈTES SITUÉES ENTRE MARS ET JUPITER.

Les découvertes de ces petits astres se sont si rapidement succédé en ces derniers temps, qu'il a été presque impossible de les suivre, de les observer, de déterminer les orbites et de calculer les éphémérides. Nous nous faisons un plaisir de remarquer que MM. Paul et Prosper Henry, les jeunes et laborieux astronomes de l'Observatoire de Paris, en ont découvert dix à eux seuls. Il serait beaucoup trop long de donner ici en détail l'historique de chacune des découvertes accomplies depuis les dernières qui ont été relatées dans les tomes précédents de ces *Études*. Nous pensons que le parti le plus avantageux à prendre en cette circonstance, c'est de publier le tableau tout entier des astéroïdes observés jusqu'à ce jour. La connaissance générale du groupe, comme la comparaison des éléments, sera plus facile à faire. Nous donnons donc ci-après la liste complète de tous ces petits corps, connus à la date de l'impression de cette feuille (juin 1876). On y trouvera les éléments approchés, réduits à leur plus simple expression; ils suffisent pour permettre d'apprécier la grandeur, la forme et la position des orbites dans cette zone étrange et encore inexpliquée.

Tableau des petites planètes situées entre Mars et Jupiter.

NUMEROS.	NOMS.	DISTANCES moy. au Soleil.	RÉVOLUTIONS en jours.	EXCENTRICITÉS.	PÉRIHÉLIE.	INCLINAISON.	AUTEURS de la découverte.	ANNÉES.
1	Cérès.....	2,767	1681	0,076	150	11	Piazzi.. ...	1801
2	Pallas.....	2,772	1685	0,238	122	35	Olbers.....	1802
3	Junon	2,668	1592	0,258	55	13	Harding....	1804
4	Vesta.....	2,362	1326	0,088	251	7	Olbers.....	1807
5	Astrée	2,579	1512	0,186	135	5	Hencke	1845
6	Hébé	2,425	1370	0,203	15	15	Hencke	1847
7	Iris.....	2,386	1346	0,231	41	5	Hind	1847
8	Flore.....	2,201	1193	0,157	33	6	Hind	1847
9	Métis.....	2,387	1347	0,123	71	6	Graham....	1848
10	Hygie.....	3,144	2036	0,109	238	4	De Gasparis.	1849
11	Parthénope	2,453	1403	0,099	318	5	De Gasparis.	1850
12	Victoria...	2,334	1303	0,219	302	8	Hind	1850
13	Égérie	2,577	1511	0,087	120	17	De Gasparis.	1850
14	Irène.....	2,590	1522	0,163	180	9	Hind	1851
15	Eunomia..	2,644	1570	0,187	28	12	De Gasparis.	1851
16	Psyché....	2,921	1823	0,139	15	3	De Gasparis.	1852
17	Thétis.....	2,473	1420	0,129	262	6	Luther.....	1852
18	Melpomène	2,296	1270	0,218	15	10	Hind,.....	1852
19	Fortuna...	2,442	1393	0,159	31	2	Hind	1852
20	Massalia...	2,409	1366	0,143	99	1	De Gasparis.	1852
21	Lutèce	2,435	1388	0,162	327	3	Goldschmidt	1852
22	Calliope...	2,909	1812	0,101	60	14	Hind	1852
23	Thalie	2,631	1558	0,230	124	10	Hind	1852
24	Thémis ...	3,136	2028	0,124	144	1	De Gasparis.	1853
25	Phocéa....	2,400	1358	0,255	303	22	Chacornac..	1853
26	Proserpine	2,656	1581	0,087	236	4	Luther.....	1853
27	Euterpe...	2,347	1313	0,174	88	2	Hind	1853
28	Bellone...	2,777	1691	0,153	122	9	Luther.....	1854
29	Amphitrite	2,554	1491	0,074	56	6	Marth.....	1854
30	Uranie....	2,367	1330	0,127	32	2	Hind	1854
31	Euphrosine	3,147	2039	0,223	93	26	Ferguson...	1854
32	Pomone...	2,587	1520	0,083	193	5	Goldschmidt	1854
33	Polymnie .	2,861	1768	0,346	342	2	Chacornac..	1854
34	Circé	2,686	1608	0,107	149	5	Chacornac..	1855

Tableau des petites planètes situées entre Mars et Jupiter. (SUITE.)

NUMÉROS.	NOMS.	DISTANCES moy. au Soleil.	RÉVOLUTIONS en jours.	EXCENTRICITÉS.	PÉRIHÉLIE.	INCLINAISON.	AUTEURS de la découverte.	ANNÉES.
35	Leucothée.	2,992	1891	0,224	202	8	Luther.....	1855
36	Atalante...	2,745	1661	0,302	43	19	Goldschmidt..	1855
37	Fides.....	2,644	1570	0,176	66	3	Luther.....	1855
38	Léda.....	2,743	1659	0,153	101	7	Chacornac..	1856
39	Lætitia....	2,773	1686	0,111	2	10	Chacornac..	1856
40	Harmonia.	2,267	1247	0,046	1	4	Goldschmidt..	1856
41	Daphné...	2,760	1675	0,270	220	16	Goldschmidt..	1856
42	Isis.....	2,440	1392	0,226	318	9	Pogson.....	1856
43	Ariadne...	2,203	1194	0,167	278	3	Pogson.....	1857
44	Nysa.....	2,422	1377	0,151	112	4	Goldschmidt..	1857
45	Eugénie...	2,720	1638	0,083	229	7	Goldschmidt..	1857
46	Hestia.....	2,526	1467	0,164	354	2	Pogson.....	1857
47	Aglaé.....	2,882	1787	0,132	313	5	Luther.....	1857
48	Doris.....	3,113	2006	0,072	70	6	Goldschmidt..	1857
49	Palès....	3,084	1978	0,235	32	3	Goldschmidt..	1857
50	Virginia...	2,652	1577	0,285	10	3	Ferguson...	1857
51	Némausa..	2,365	1329	0,067	175	10	Laurent....	1858
52	Europa....	3,101	1995	0,107	108	7	Goldschmidt..	1858
53	Calypso...	2,621	1550	0,203	93	5	Luther.....	1858
54	Alexandra.	2,709	1629	0,199	294	12	Goldschmidt..	1858
55	Pandore...	2,760	1675	0,143	11	7	Searle.....	1858
56	Mélète....	2,597	1529	0,236	295	8	Goldschmidt..	1859
57	Mnémosyn	3,155	2047	0,109	54	15	Luther.....	1859
58	Concordia.	2,700	1621	0,043	189	5	Luther.....	1860
59	Olympia ..	2,712	1632	0,119	18	9	Chacornac..	1860
60	Écho.....	2,393	1352	0,184	99	4	Ferguson...	1860
61	Danaé	2,985	1884	0,161	344	18	Goldschmidt..	1860
62	Erato.....	3,129	2022	0,173	39	2	Foerster....	1860
63	Ausonia...	2,398	1356	0,124	270	6	De Gasparis.	1861
64	Angelina..	2,682	1604	0,127	126	1	Tempel	1861
65	Maximiliana.	3,427	2317	0,110	261	3	Tempel	1861
66	Maïa.....	2,649	1575	0,165	46	3	Tuttle	1861
67	Asia.....	2,420	1375	0,187	307	6	Pogson.....	1861
68	Leto.....	2,780	1693	0,188	345	8	Luther.....	1861

Tableau des petites planètes situées entre Mars et Jupiter. (SUITE.)

NUMÉROS.	NOMS.	DISTANCES moy. au Soleil.	RÉVOLUTIONS en jours.	EXCENTRICITÉS.	PÉRIHÉLIE.	INCLINAISON.	AUTEURS de la découverte.	ANNÉES.
69	Hesperia ..	2,978	1877	0,171	108	8	Schiaparelli.	1861
70	Panopée ..	2,614	1543	0,183	300	12	Goldschmidt ..	1861
71	Niobé.....	2,756	1671	0,173	221	23	Luther.....	1861
72	Féronia. ..	2,266	1246	0,120	308	5	Peters	1861
73	Clytie.....	2,665	1589	0,042	58	2	Tuttle	1862
74	Galathée ..	2,781	1694	0,237	8	4	Tempel	1862
75	Eurydice..	2,672	1595	0,306	336	5	Peters	1862
76	Freia	3,409	2299	0,174	93	2	D'Arrest....	1862
77	Frigga ...	2,672	1596	0,134	60	2	Peters	1862
78	Diane.....	2,623	1552	0,205	121	9	Luther.....	1863
79	Eurynome.	2,444	1395	0,194	44	5	Watson	1863
80	Sapho	2,296	1271	0,200	355	9	Pogson.....	1864
81	Terpsychore.	2,853	1760	0,211	49	8	Tempel	1864
82	Alcmène .	2,766	1680	0,221	132	3	Luther.. ..	1864
83	Béatrix....	2,430	1384	0,086	192	5	De Gasparis.	1865
84	Clio	2,363	1327	0,236	339	9	Luther.....	1865
85	Io.....	2,654	1579	0,191	323	12	Peters	1865
86	Sémélé....	3,112	2005	0,210	30	5	Tietjen.....	1866
87	Sylvie.....	3,482	2373	0,079	335	11	Pogson.....	1866
88	Thisbé. ..	2,767	1681	0,163	309	5	Peters	1866
89	Julia.....	2,551	1488	0,180	353	16	Stéphan....	1866
90	Antiope. .	3,136	2029	0,172	302	2	Luther.....	1866
91	Egine.....	2,589	1522	0,109	80	2	Borrelly....	1866
92	Undine ..	3,185	2076	0,102	331	10	Peters	1867
93	Minerve...	2,754	1669	0,140	275	9	Watson	1867
94	Aurore....	3,160	2052	0,087	46	8	Watson	1867
95	Aréthuse..	3,083	1977	0,144	32	13	Luther.....	1867
96	Églé.....	3,050	1945	0,140	163	16	Coggia.....	1868
97	Clotho....	2,668	1592	0,258	66	12	Tempel	1868
98	Ianthe	2,687	1610	0,189	148	16	Peters	1868
99	Dike.....	2,797	1708	0,238	241	14	Borrelly....	1868
100	Hécate....	3,090	1984	0,164	308	6	Watson	1868
101	Hélène....	2,535	1518	0,139	327	10	Watson	1868
102	Miriam ...	2,662	1586	0,303	355	5	Peters.... .	1868

Tableau des petites planètes situées entre Mars et Jupiter. (SUITE.)

NUMÉROS.	NOMS.	DISTANCES moy. au Soleil.	RÉVOLUTIONS en jours.	EXCENTRICITÉS.	PÉRIHÉLIE.	INCLINAISON.	AUTEURS de la découverte.	ANNÉES.
103	Hera.....	2,701	1622	0,080	321	5	Watson....	1868
104	Clymène..	3,151	2073	0,177	58	3	Watson....	1868
105	Arthémise.	2,374	1336	0,175	253	22	Watson....	1868
106	Dioné.....	3,159	2051	0,180	27	5	Watson....	1868
107	Camille...	3,560	2454	0,123	113	10	Pogson....	1868
108	Hécube...	3,211	2102	0,100	174	4	Luther....	1869
109	Félicitas..	2,695	1616	0,300	56	8	Peters.....	1869
110	Lydie.....	2,726	1644	0,067	329	6	Borrelly....	1870
111	Até.....	2,593	1525	0,105	109	5	Peters.....	1870
112	Iphigénie..	2,433	1387	0,128	338	3	Peters.....	1870
113	Amalthée..	2,377	1338	0,088	199	5	Luther.....	1871
114	Cassandre.	2,676	1599	0,140	153	5	Peters.....	1871
115	Thyra.....	2,379	1341	0,194	43	12	Watson....	1871
116	Sirona....	2,766	1680	0,144	153	4	Peters.....	1871
117	Lomia....	2,991	1889	0,023	49	15	Borrelly...	1871
118	Peitho....	2,435	1388	0,164	77	8	Luther.....	1872
119	Althéa....	2,580	1514	0,084	12	6	Watson....	1872
120	Lachésis...	3,120	2013	0,047	213	7	Borrelly....	1872
121	Hermione.	3,461	2351	0,122	1	8	Watson....	1872
122	Gerda.....	3,220	2110	0,037	208	2	Peters.....	1872
123	Brunhilda.	2,693	1614	0,114	72	6	Peters.....	1872
124	Alceste....	2,630	1558	0,078	246	3	Peters.....	1872
125	Libératrix.	3,035	1931	0,347	251	6	Pr. Henry..	1872
126	Velléda...	2,440	1392	0,106	348	3	Paul Henry.	1872
127	Johanna..	3,321	2211	0,204	101	9	Pr. Henry..	1872
128	Némésis...	2,750	1666	0,126	12	6	Watson....	1872
129	Antigone..	2,876	1781	0,207	241	12	Peters.....	1873
130	Electre....	3,130	2022	0,204	20	23	Peters.....	1873
131	Vala.....	2,420	1375	0,081	258	5	Peters.....	1873
132	Æthra....	2,601	1532	0,043	152	25	Watson....	1873
133	Cyrène....	3,065	1960	0,136	248	7	Watson....	1873
134	Sophrosyne..	2,567	1502	0,117	67	12	Luther.....	1873
135	Hertha....	2,431	1385	0,204	319	2	Peters.....	1874
136	Austria....	2,303	1277	0,113	307	10	Palisa.....	1874

Tableau des petites planètes situées entre Mars et Jupiter. (SUITE.)

NUMÉROS.	NOMS.	DISTANCES moy. au Soleil.	RÉVOLUTIONS en jours.	EXCENTRICITÉS.	PÉRIHÉLIE.	INCLINAISON.	AUTEURS de la découverte.	ANNÉES.
137	Melibœa...	3,052	1947	0,154	321	14	Palisa.....	1874
138	Tolosa.....	2,430	1383	0,148	311	3	Perrotin ...	1874
139		2,814	1724	0,051	116	8	Palisa.....	1874
140	Siva	2,707	1627	0,198	305	11	Watson....	1874
141	Lumen (1).	2,710	1629	0,223	23	12	Paul Henry.	1875
142	Polana....	2,390	1347	0,105	227	2	Palisa.....	1875
143	Adria.....	2,752	1668	0,067	223	12	Palisa.....	1875
144	Vibilia....	2,650	1576	0,233	8	5	Peters	1875
145	Adeona....	2,69	1615	0,212	118	14	Peters	1875
146	Lucine....	2,71	1627	0,067	238	13	Borrelly ...	1875
147	Protogénie.	3,125	2018	0,030	85	2	Schulhof...	1875
148	Gallia.....	2,770	1683	0,184	36	26	Pr. Henry..	1875
149	Méduse ...	.....	....	.....	....	..	Perrotin ...	1875
150	.....	2,98	1880	0,130	353	2	Watson....	1875
151	Abondance	2,58	1517	.....	....	..	Palisa.....	1875
152	Atala.....	3,13	2025	0,086	80	12	Paul Henry.	1875
153	Hilda.....	3,95	2868	0,163	285	8	Palisa.....	1875
154	Berthe....	3,22	2111	0,109	157	20	Pr. Henry..	1875
155	.....	.....	....	.....	....	..	Palisa.....	1875
156	Xantippe..	3,04	1934	.....	....	..	Palisa.....	1875
157	Déjanire ..	2,59	1519	.....	109	12	Borrelly....	1875
158	Coronis...	2,99	1889	0,292	355	1	Knorre.....	1876
159	Émilie....	3,13	2019	0,116	101	.6	Paul Henry.	1876
160	Una	2,73	1651	0,060	57	3	Peters.....	1876
161	.....	2,38	1337	0,133	313	9	Watson....	1876
162	Laurentia .	3,02	1917	0,165	148	6	Pr. Henry..	1876
163	Erigone ...	2,35	1320	0,149	93	5	Perrotin....	1876
164	Eve.....	2,55.	1490	0,321	3	25	Paul Henry.	1876

(1) Cette planète, découverte à l'Observatoire de Paris le 13 janvier 1875, a reçu son nom en souvenir de notre ouvrage *Lumen*, *Récits de l'Infini*. Nous nous faisons un

Ce tableau, aujourd'hui si considérable, nous inspire certaines réflexions dignes d'intérêt, tant sur la largeur de la zone des astéroïdes que sur les formes des orbites, leurs dispositions et leur origine.

Les petites planètes les plus proches du Soleil sont Flore, Ariadne, Feronia, Harmonia, Melpomène, Sapho, Austria, dont voici les distances et les révolutions :

Flore.....	2,201	1193 jours ou 6 ans environ.
Ariadne.....	2,203	1194
Feronia.....	2,266	1246
Harmonia...	2,267	1247
Melpomène .	2,295	1270
Sapho.....	2,296	1271
Austria.....	2,303	1277

Les plus éloignées, sont, à partir de la dernière, Hilda, Camille, Sylvie, Hermione, Maximiliana, Fréia.

Hilda.....	3,950	2868 jours ou 8 ans environ.
Camille.....	3,560	2454
Sylvie.....	3,482	2373
Hermione....	3,461	2351
Maximiliana..	3,427	2317
Fréia.....	3,409	2299

Cette zone curieuse mesure donc au moins 64750000 lieues de largeur.

plaisir de remercier ici de cette gracieuse attention l'astronome qui l'a découverte. Déjà on nous avait fait l'honneur de nous demander de baptiser la planète 87, et de nommer en notre intention la planète 107; et depuis, on a bien voulu nous prier de baptiser aussi la planète 154.

Comment les petites planètes sont-elles distribuées dans cette zone? Leurs orbites étant très-excentriques, nous sommes invités à considérer surtout la position de leurs périhélies, et le meilleur moyen de nous rendre compte de la situation de ces orbites, c'est de placer sur une carte chaque planète au degré de longitude de son périhélie et d'en considérer l'ensemble.

En traçant cette figure par curiosité cosmographique, j'ai été frappé moi-même du résultat.

Les périhélies des petites planètes ne sont pas distribués au hasard, uniformément, tout autour du Soleil; mais il y a un maximum évident dans la section de la zone qui s'étend de 294 à 72 degrés, et un minimum évident dans la section qui s'étend de 153 à 293 degrés.

La différence est considérable. Ainsi, dans la première section, sur une étendue de 138 degrés, on compte 87 planètes, soit une proportion de 1°,59 pour une planète; tandis que, dans la seconde section, sur une étendue de 140 degrés, on ne compte que 34 planètes, soit une proportion de 4°,12 pour une planète. La richesse de ces deux parties de la zone est donc dans le rapport de 41 à 16, ou près de trois fois plus élevée.

On peut même remarquer que la section maxima s'étend jusqu'à 153 degrés ; car, dans ce parcours de 219 degrés, on ne compte pas moins de 124 planètes, soit 1°,76 pour une planète. Cette répartition des périhélies est trop évidente et trop marquée pour être fortuite.

Or, si nous plaçons les périhélies des grosses planètes, nous remarquons aussi qu'ils sont tous situés dans ce

même côté, à l'exception seulement d'Uranus : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne et Neptune ont toutes leurs périhélies placés, comme le maximum des petites planètes, entre 293 et 130 degrés.

Cette coïncidence est digne d'attention dans la physionomie générale du système planétaire.

Si maintenant nous considérons le périhélie de Jupiter en particulier, planète prépondérante du système, et dont l'action sur les astéroïdes est capitale, nous trouvons que ce périhélie est précisément vers le milieu du maximum signalé plus haut : il est à 12 degrés; or, de 294 à 12 degrés, on compte 78 degrés, et de 12 à 72 degrés on en compte 60. On voit que la position de Jupiter est fort remarquable à cet égard.

Si l'on trace l'orbite elliptique de Jupiter, et, en pointillé, la circonférence dans l'intérieur de laquelle circule la section périhélique, on ne peut manquer non plus d'être frappé du rapport qui se manifeste entre cette partie rentrée de l'orbite de Jupiter et le maximum des périhélies des petites planètes, ainsi que du rapport contraire qui se montre dans la région de l'aphélie. L'orbite de Mars, plus excentrique encore, n'est pas moins intéressante à comparer.

Ce sont là des rapports non remarqués jusqu'ici, mais qui me paraissent néanmoins de nature à nous éclairer sur l'origine des anneaux d'astéroïdes, sur le rapport qu'ils ont avec la petite planète Mars, et sur l'influence prépondérante de Jupiter dans toute cette région du système.

Si l'on compare les distances moyennes, les excentricités et le nombre de petites planètes existant entre deux rayons vecteurs déterminés, on a le rapprochement suivant :

Distances moyennes.	Excentricités.	Nombre de petites planètes.
2,20 à 2,60	0,160	57
2,60 à 3,00	0,178	68
3,00 à 3,50	0,157	37

Les excentricités moyennes les plus grandes appartiennent aux petites planètes dont le demi-grand axe a une valeur comprise entre 2, 60 et 3, 00, et surtout aux astéroïdes qui sont presque également éloignés du Soleil et de Jupiter.

Les petites planètes dont les orbites sont inclinées de plus de 10 degrés sur le plan de l'écliptique sont plus nombreuses dans les fortes excentricités que dans les moindres.

Les planètes les plus excentriques sont :

	Distance.	Exc.	Incl.
			° ′
125 Libératrix...	3,035	0,34675	6. 5
33 Polymnie....	2,861	0,33998	1.56
75 Eurydice....	2,672	0,30595	5. 1
102 Miriam.....	2,662	0,30354	5. 4
36 Atalante.....	2,745	0,30234	19.42
109 Félicitas.....	2,695	0,30020	8. 3
41 Daphné.....	2,760	0,27040	16. 0
50 Virginia.....	2,652	0,28516	2.48

		Distance.	Exc.	Incl.
				° ′
97	Clotho.....	2,668	0,25804	11.45
3	Junon.....	2,668	0,25786	13. 1
25	Phocea.....	2,400	0,25531	21.35
2	Pallas.....	2,772	0,23847	34.42
56	Mélète.....	2,597	0,23633	8. 2
74	Galathée....	2,781	0,23727	4. 0
84	Clio.....	2,363	0,23604	9.22
99	Dike.....	2,797	0,23839	13.53

Les orbites les moins excentriques sont :

		Distance.	Exc.	Incl.
				° ′
117	Lomia.....	2,991	0,02288	14.58
147	Protogénie...	3,125	0,02955	1.57
122	Gerda.....	3,220	0,03718	1.36
132	Æthra.....	2,601	0,04284	25. 0
73	Clytie.....	2,665	0,04194	2.24
120	Lachésis.....	3,120	0,04715	7. 1
58	Concordia...	2,700	0,04256	5. 2
40	Harmonia...	2,267	0,04659	4.16
139		2,814	0,05133	8.19
143	Adria.....	2,752	0,06672	11.32
110	Lydie.....	2,726	0,06723	5.58
51	Némausa....	2,365	0,06723	9.57
48	Doris.....	3,113	0,07183	6.29
29	Amphytrite..	2,554	0,07423	6. 7
1	Cérès.....	2,767	0,07631	10.37
124	Alceste.....	2,630	0,07844	2.56
87	Sylvie.....	3,482	0,07898	10.55
103	Héra.....	2,701	0,08038	5.2

On voit néanmoins que ces divers éléments ne sont

pas liés entre eux par une loi absolue, et qu'une planète peut être très-excentrique sans être fortement inclinée (ex. : Polymnie), ou peu excentrique et très-inclinée (ex. : Lomia et Æthra).

Plusieurs orbites offrent entre elles une singulière ressemblance ; ex. : Alexandra et Lumen, comme on peut le voir par la comparaison de leurs éléments :

	(54) Alexandra.	(141) Lumen.
Distance moyenne.	2,7093	2,7095
Période.	1628j9	1629,0
Nœud.....	313.49	318.59
Périhélie.....	294° 16′	22° 34′
Inclinaison.....	11.47	11 33
Excentricité.....	0,1987	0,2233

Il y a vingt ans, lorsque le nombre des astéroïdes connus n'était encore que de 50, l'astronome américain Daniel Kirkwood avait déjà conclu de considérations purement physiques qu'il devait y avoir une grande irrégularité dans leur distribution et qu'on devait trouver des lacunes dans leurs zones, là où leurs périodes sont commensurables avec celle de la planète Jupiter.

En 1866, lorsque le nombre des astéroïdes s'élevait à 88, l'accord entre la théorie et l'observation fut le sujet d'un nouveau Mémoire du même astronome. Depuis cette époque, le nombre des astéroïdes découverts a continué de s'accroître, et en 1875, à la réunion annuelle de l'Association américaine pour l'avancement des Sciences, M. Kirkwood a montré

que la théorie avancée est de plus en plus confirmée. Si l'on considère les membres du groupe dans l'ordre de leur distance moyenne, on trouve que les intervalles les plus larges entre eux se trouvent dans les lacunes où les orbites coïncideraient avec certains multiples de la révolution de Jupiter. C'est un fait digne d'attention dans l'étude de la formation du système solaire que la plus grosse planète, Jupiter, ait été suivie par un espace aussi pauvre de matières que la zone des astéroïdes, le rapport des masses étant seulement de 1 à 5180. On peut se demander ce qui serait arrivé si la densité du groupe des petites planètes avait été égale à celle des autres anneaux planétaires. L'astronome américain conclut de certains calculs ingénieux que, si ce groupe avait possédé une densité totale égale à la moitié de celle de Jupiter, les petites planètes auraient été, lorsqu'elles étaient encore nébuleuses, amenées si près de lui, qu'elles s'y seraient réunies, au lieu de rester à l'état de fragments séparés. Il pense qu'un résultat analogue s'est produit dans le cas d'Uranus. Une formation de même nature aurait eu lieu pour une planète dont la période aurait été égale au tiers de celle de Jupiter, correspondant au rapport qui existe entre les révolutions de Jupiter et de Saturne. Enfin l'auteur attribue les rares exemples de grande inclinaison observée dans les orbites des petites planètes à l'influence des comètes à l'époque où les astéroïdes étaient eux-mêmes à l'état cométaire ou nébuleux.

La cosmogonie du système solaire dans l'hypothèse de la condensation d'une nébuleuse primitive s'accorde

avec la commensurabilité approximative des périodes planétaires.

Adoptant les vues de Laplace relativement à la formation graduelle du système et les trouvant confirmées par les progrès récents de l'Astronomie, Daniel Kirkwood a proposé en leur faveur d'ingénieuses considérations sur la commensurabilité des périodes planétaires.

La zone des petites planètes montre que la distance moyenne de Flore, la planète la plus intérieure de ce groupe, est de 2,201 ; celle de Hilda, la plus éloignée, est de 3,950. La largeur de la zone est conséquemment plus grande que la distance de la Terre au Soleil ; elle dépasse même tout l'intervalle compris entre les orbites de Mercure et de Mars. En outre, la distance périhélique de Sylvie surpasse la distance aphélique d'Harmonia d'une quantité égale à l'intervalle compris entre les orbites de Mars et de la Terre.

L'hypothèse d'Olbers sur l'origine fragmentaire de ces corps semble ainsi avoir perdu ses titres de probabilité. La seule théorie qui reste digne de considération est celle de Laplace. Le double fait de la multitude de ces corps et de leur révolution dans le même sens autour du Soleil est maintenant trop imposant pour qu'il reste des doutes sur la réalité cosmique du système de Laplace.

Cependant la connaissance des faits relatifs à la zone des planètes inférieures, aussi bien que les phénomènes des anneaux de Saturne, semble demander une modification de l'hypothèse des nébuleuses, telle qu'elle est généralement admise. On n'a jamais expliqué

pourquoi la nébuleuse solaire n'aurait pas abandonné des anneaux à des distances intermédiaires entre les orbites actuelles des planètes. Au contraire, il semble extrêmement probable que, après avoir d'abord atteint le point où la gravité était contre-balancée par la force centrifuge résultant de la rotation du sphéroïde contracté, le mouvement a dû continuer de détacher une série continuelle d'anneaux étroits, lancés à petite proximité les uns des autres, et faisant leurs révolutions dans des périodes différentes, selon la troisième loi de Kepler. Il semblerait en outre que la nébuleuse solaire, pendant cette période de formation, était très-aplatie vers les pôles, condensée au centre, et que la rotation du noyau était extrêmement lente.

La théorie d'une presque continuelle séparation de matière à l'équateur du sphéroïde solaire est appuyée par le fait que la zone des planètes inférieures est évidemment résultée non d'un simple anneau primitif, dont les parties seraient mues avec une vitesse angulaire à peu près la même, mais d'*un nombre indéfini de petits anneaux*. Les anneaux de Saturne peuvent être regardés comme un autre indice frappant du procédé de formation planétaire. A l'exception de deux intervalles permanents, ils semblent consister en petites masses séparées, faisant leurs révolutions en des périodes différentes, suivant leurs distances respectives.

Pourquoi la zone des astéroïdes ne forme-t-elle pas une planète isolée, et les anneaux de Saturne un ou plusieurs satellites? — Si l'on ne peut donner encore de réponse satisfaisante relativement à la zone des astéroïdes, on peut toutefois remarquer que sa situa-

tion juste dans l'orbite de Jupiter rendait les perturbations plus grandes qu'en aucune autre partie du système, et que, la masse totale des astéroïdes étant très-petite, la matière de l'anneau primitif était extrêmement légère, de sorte que l'intersection des orbites, résultant des perturbations, a été moins apte à produire de gros noyaux planétaires. Les anneaux de Saturne possédaient assurément une densité relative importante. On peut démontrer toutefois que, dans une position si rapprochée de l'astre primitif, la force de gravité rendrait instables des satellites de dimensions considérables. Cette force donc suffirait seule pour empêcher la réunion de grosses masses ayant la forme planétaire dans la proximité du corps central.

Ces régions du système solaire, c'est-à-dire les anneaux de Saturne et les planètes situées entre Mars et Jupiter, apportent de puissants arguments en faveur de l'hypothèse des nébuleuses, et leur étude peut jeter une nouvelle lumière sur le mode de formation du système planétaire.

La moyenne distance d'une planète ayant

Une période égale à	$\frac{1}{2}$	de celle de Jupiter est	3,2776
»	$\frac{4}{9}$	»	3,0299
»	$\frac{3}{7}$	»	2,9574
»	$\frac{2}{3}$	»	2,8245
»	$\frac{1}{3}$	»	2,5012
»	$\frac{2}{7}$	»	2,2569

Ces distances tombent toutes entre les plus grandes et les plus petites distances des astéroïdes. Maintenant trouvons-nous de plus larges intervalles dans ces

parties de l'anneau que partout ailleurs? Oui. C'est ce que chacun peut constater en arrangeant la liste précédente des petites planètes non plus dans l'ordre chronologique, mais dans l'ordre des distances au Soleil.

Dans la moitié de la zone la plus rapprochée du Soleil, la séparation moyenne des astéroïdes est de 0,0081. Le plus grand intervalle dans l'ordre des distances se trouve entre *Ariadne* et *Feronia :* il est de 0,0620, ou environ huit fois la moyenne ; ce qui comprend la distance à laquelle sept périodes d'un astéroïde en égaleraient deux de Jupiter. Le vide le plus rapproché en ordre d'étendue est entre *Thétis* et *Hestia :* il est de 0,0441, ou plus de cinq fois la moyenne. Dans la section extérieure, l'intervalle moyen est de 0,0286. Le plus grand interstice se rencontre entre Ondine et Fréïa ; sa largeur est de 0,1960, ou plus de huit fois la moyenne. C'est la distance à laquelle deux périodes d'une planète en égaleraient une de *Jupiter*. Le second se trouve entre *Bellone* et *Terpsychore* (0,0779), et le troisième entre *Leucothea* et *Ægle* (0,0489). Ainsi les lacunes les plus larges se trouvent précisément aux distances auxquelles les temps périodiques seraient commensurables avec la révolution de *Jupiter*. Ces coïncidences ne sont pas accidentelles. L'anneau primitif contenait sans nul doute de la matière nébuleuse aussi bien à ces distances qu'aux distances intermédiaires, et l'existence actuelle de ces intervalles peut s'expliquer de la manière suivante.

Une particule planétaire à la distance 2,5 dans l'intervalle entre *Thétis* et *Hestia* ferait précisément

trois révolutions pendant que Jupiter en accomplit une, arrivant toujours en conjonction avec cette planète dans les mêmes parties de sa route. En conséquence son orbite deviendrait de plus en plus excentrique, jusqu'à ce que la particule se réunît avec d'autres, intérieurement ou extérieurement, formant ainsi le noyau d'un astéroïde. Lors même, du reste, que le corps troublé dans sa course n'arriverait pas en contact avec d'autre matière, l'action de Jupiter changerait finalement sa distance moyenne et détruirait ainsi la commensurabilité des temps périodiques. En tout cas l'orbite primitive de la particule resterait destitué de matière. Le même raisonnement est applicable aux autres intervalles.

Appliquons les mêmes résultats aux anneaux de Saturne. Le rayon équatorial de Saturne et les dimensions des deux brillants anneaux, selon les mesures de Struve, de la Rue, de Main et de Jacob, offrent les résultats suivants pour la moyenne de ces mesures :

	Moyenne.	En rayons équatoriaux
Rayon équatorial de la planète.....	8″,8864	1,0000
Rayon extérieur de l'anneau extérieur.....	19,9556	2,2456
Rayon intérieur, id.....	17,7398	1,9963
Rayon extérieur de l'anneau intérieur.....	17,1292	1,9276
Rayon intérieur, id.....	13,135	1,5121

			h m s
La période de révolution d'un satellite, à la distance 1,9276, limite intérieure de l'intervalle, est.....			10.52.11
Un sixième de la période de Dioné est....			10.56.53
Un tiers	»	Encelade	10.59.22
Moitié	»	Mimas.....	11.18.32
Un quart	»	Téthys.....	11.19.36
Et la période d'un satellite à la distance 1,9963, limite extérieure de l'intervalle, est.....			11.35.18

On voit ainsi que l'intervalle occupe précisément l'espace dans lequel les périodes des satellites seraient commensurables avec ceux des quatre membres du système immédiatement extérieur. Ainsi, de même que la puissante attraction de Jupiter produit les vides observés dans la zone des astéroïdes, *l'influence perturbatrice des satellites intérieurs de Saturne est la cause physique des intervalles permanents entre les deux brillants anneaux.*

Ces faits et ces considérations ont de l'importance, en raison des nombreux exemples de commensurabilité approximative dans les périodes planétaires. Supposons, tout d'abord, qu'à une première époque les deux satellites intérieurs de Saturne, Mimas et Encelade aient formé un anneau nébuleux large, plat et presque continu, dont les parties séparées auraient accompli leur révolution en différentes périodes, la matière des satellites extérieurs s'étant préalablement réunie en deux globes définis. Ces quatre premiers satellites ont les périodes suivantes :

	j h m s
Mimas	0.22.37.20
Encelade	1. 8.53. 7
Téthys	1.21.18.26
Dioné	2.17.41. 9

Donc l'anneau, dont les deux satellites intérieurs seraient (hypothétiquement) dérivés, doit avoir contenu : 1° l'orbite d'un satellite dont la période serait $22^h 39^m 13^s$, ou la moitié de celle de *Téthys;* 2° celui d'un corps accomplissant sa révolution en $21^h 53^m 43^s$, ou un tiers de celle de *Dioné;* 3° l'orbite correspondant à une période de $1^j 8^h 50^m 34^s$, ou moitié de celle de *Dioné;* et 4° celle d'une masse dont la période serait $1^j 6^h 12^m 17^s$, ou deux tiers de celle de *Téthys*. Les parties de cet anneau aux distances données seraient instables, comme la matière originelle dans l'intervalle de l'anneau actuel. Eh bien! les deux premières distances sont presque les mêmes que celle de *Mimas;* et la troisième, ainsi que la quatrième, sont aussi presque les mêmes que celle d'*Encelade*. La formation des deux satellites voisins de Saturne peut donc être expliquée par l'influence perturbatrice de *Téthys* et de *Dioné*. Les satellites plus reculés présentent des cas semblables à l'appui de cette opinion.

Il ne serait pas difficile d'en trouver d'autres.

L'hypothèse que nous venons d'exposer sur la formation des petites planètes dans la nébuleuse solaire peut n'être pas nécessaire pour expliquer la transformation des anneaux en planètes; mais elle a néanmoins sa place logique dans cette cosmogonie, car elle montre que l'attraction universelle, et les perturbations qui

en résultent suivant les masses, les distances et les mouvements, suffisent pour avoir imprimé de siècle en siècle au système solaire la physionomie qu'il nous présente actuellement.

La même cause continue d'agir, et des variations séculaires continuent de s'opérer dans la disposition des corps, grands et petits, qui composent notre grande république planétaire.

XIV.

LA TERRE VUE DES DIFFÉRENTES PLANÈTES; ET LES DIFFÉRENTES PLANÈTES VUES DE LA TERRE.

Avant de quitter les planètes, répondons à une question qui est bien souvent posée aux astronomes, et dont la solution, quoique fort simple, ne laisse pas d'offrir un certain intérêt à plusieurs points de vue.

Le rôle prépondérant joué pendant si longtemps par la Terre, considérée comme le centre et le but de la création, est aujourd'hui définitivement terminé. Nous savons que notre petite planète n'est qu'un atome perdu dans l'espace, et que de toutes les étoiles qui brillent au ciel aucune ne peut nous voir, parce qu'à l'éloignement des étoiles, même des plus proches, la lumière réfléchie par notre globe est éteinte, et parce que d'autre part les 37 millions de lieues qui nous séparent du Soleil sont réduits à un angle inférieur à une seconde; de telle sorte que notre globe n'est pour ces distances qu'un point obscur éclipsé dans la lumière du Soleil, qui n'est plus lui-même qu'une étoile.

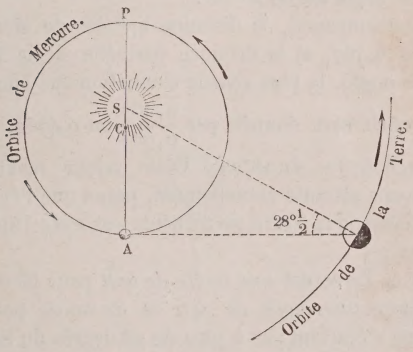
Mais notre Terre est-elle inconnue aussi des planètes de notre propre système? Si elle peut en être connue, comment la voit-on? Et si l'on peut la voir, quand, et en quelles conditions spéciales est-elle visible?

Commençons par la planète la plus proche du Soleil.

Comment les habitants de Mercure nous voient-ils?

Nous sommes pour eux une planète extérieure, comme Mars, Jupiter, Saturne, etc., le sont pour nous. Par conséquent nous passons de temps en temps en opposition relativement au Soleil, et la Terre brille alors au méridien à minuit. Au moment de l'op-

Fig. 28.



position, notre planète offre à Mercure un diamètre de 20 secondes. Elle est donc visible à l'œil nu comme un astre de première grandeur. Ainsi notre planète offre à l'œil nu à Mercure l'aspect que Jupiter nous présente, et elle est visible toute la nuit dans le ciel de Mercure à l'époque de l'opposition.

Examinons maintenant l'orbite de Mercure relativement à celle de la Terre. Traçons-la (*fig.* 28) avec son excentricité réelle (0,205), en prenant l'échelle simple

de 1 millimètre pour 1 million de lieues. Le Soleil occupe le foyer S au-dessus du centre C. Autour du même centre traçons un arc de l'orbite terrestre, et plaçons Mercure à angle droit avec le Soleil et la Terre, et à son aphélie A. L'angle formé par le centre du Soleil, la Terre et Mercure sera l'angle maximum que cette planète puisse former avec la Terre, ou sa plus grande élongation. Mesuré directement sur la figure, cet angle est de 28° 22′.

Géométriquement, la distance aphélie de Mercure étant de 0,467, et la distance périhélie de la Terre étant de 0,983, la plus grande élongation que Mercure puisse offrir sera donnée par $\frac{0,467}{0,983}$ ou 0,4751, dont le $\log 9,67678 = \sin 28° 22'$. Cette valeur maximum n'est jamais atteinte actuellement, parce que l'époque du périhélie de la Terre ne coïncide pas avec l'aphélie de Mercure.

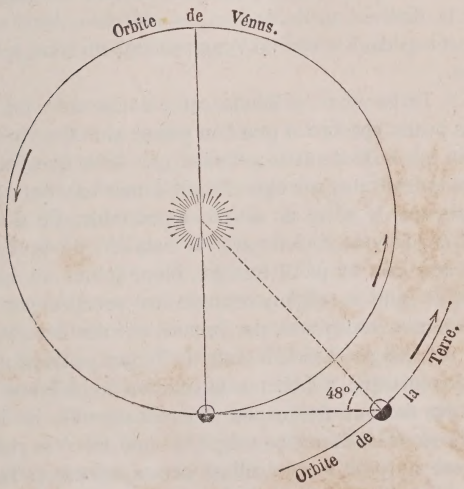
Ainsi la Terre est *une étoile de nuit* pour Mercure, et Mercure *une étoile du soir et du matin* pour la Terre, ne s'écartant pas à plus de 28 degrés du Soleil.

La relation qui existe entre l'orbite de Vénus et l'orbite terrestre est du même genre, mais avec d'autres valeurs.

A la même échelle que pour la figure précédente (1 millimètre pour 1 million de lieues) représentons l'orbite de Vénus et un arc de l'orbite terrestre, la Terre étant encore supposée au périhélie. L'orbite de Vénus est presque circulaire, car son excentricité n'est que de 0,0068. La plus grande élongation de

Vénus pour la Terre arrive lorsque la belle planète forme un angle droit avec le Soleil et nous. Comme la distance de Vénus au Soleil est de 0,7233, le sinus de l'angle sera donné par $\frac{0,7233}{0,9832} = 0,7357$, dont le

Fig. 29.



log 9,86670 = sin 47° 22′, et peut dépasser un peu cette valeur lorsque l'aphélie de Vénus coïncide avec le périhélie de la Terre.

Tandis que Vénus est pour nous étoile du matin et du soir, *la Terre est pour Vénus une étoile passant au méridien à minuit* à l'époque de l'opposition, offrant

alors un diamètre de 65 secondes, non-seulement visible à l'œil nu, mais brillant d'un éclat supérieur à celui dont Jupiter brille pour nous, supérieur même à celui de Vénus à l'époque de son plus grand éclat, car alors celle-ci ne nous offre qu'un croissant, et la surface de la pleine Terre surpasse celle de Vénus dans une proportion plus grande que le rapport de la diminution de la lumière réfléchie. Ainsi nous étincelons dans le ciel de Vénus comme un astre splendide.

La Terre vue de Vénus est certainement un des plus beaux spectacles que l'on puisse voir dans le système solaire tout entier ; elle est plus belle que l'étoile la plus brillante, car elle offrirait à une vue de même valeur que la nôtre un disque appréciable. Ce disque doit changer de couleur avec la rotation de la Terre sur son axe, et paraître vert, bleu, jaune ou blanc suivant que sa région centrale est occupée par les continents verdoyants, par la mer, par des déserts ou par des nuages. Les habitants de Vénus peuvent ainsi avoir remarqué, à l'œil nu, la rotation de la Terre sur son axe dans un temps peu différent de celle de leur propre monde. En même temps, la Lune doit être visible comme un petit point brillant accompagnant la Terre dans sa marche céleste et tournant autour d'elle en vingt-sept jours, mais invariable dans sa blancheur. La distance apparente qui la sépare de la Terre à l'époque de leur plus grande visibilité est un peu plus grande que le diamètre apparent de la Lune, tel que nous le voyons. La lumière envoyée alors par la Terre et par la Lune doit être considérable et s'élever presque aux

cinq centièmes de celle que nous recevons de la pleine Lune. Nous pouvons donc supposer que si les habitants de Vénus ont eu comme nous la vanité de croire que leur globe soit le centre de l'univers, ils ont pu arriver plus vite que nous à la connaissance du véritable système du monde, puisqu'ils en ont une miniature permanente dans le couple que la Terre et la Lune forment pour eux au ciel et dans le mouvement mensuel de la Lune autour de l'astre-Terre.

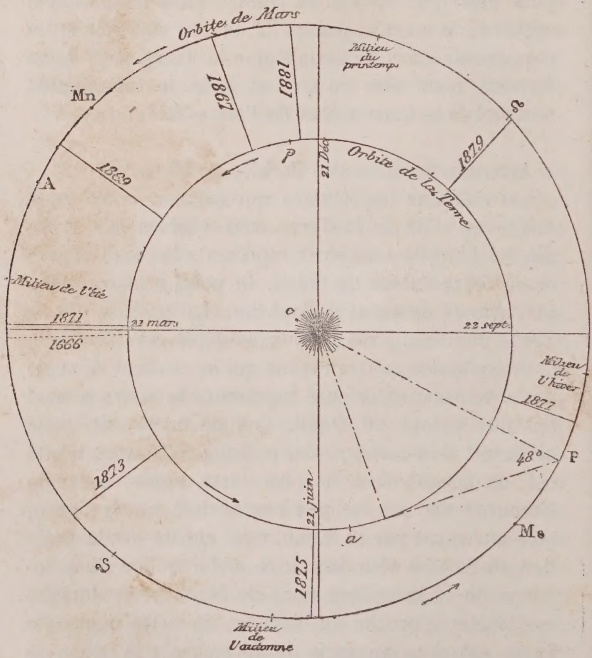
Arrivons maintenant à l'orbite de Mars.

Les relations importantes qui existent entre cette orbite et celle de la Terre sont visibles sur notre *fig.* 30. L'orbite intérieure représente le cours annuel de la Terre autour du Soleil, le point *p* marquant le périhélie et le point *a* l'aphélie. La position de la Terre aux équinoxes et aux solstices est inscrite à l'extrémité des quatre rayons qui se croisent à angle droit. L'orbite extérieure représente le cours annuel de Mars autour du Soleil. Comme on le sait, cette orbite est très-excentrique, puisque cette excentricité est de 0,093; c'est la plus forte après celle de Mercure: elle est facile à reconnaître sur la figure, non-seulement par sa forme, mais encore par la position du Soleil à côté du centre *c*. Le milieu du printemps de l'hémisphère nord de Mars arrive lorsque la planète approche du sommet de cette figure (la Terre est alors au mois de décembre); le milieu de l'été de l'hémisphère nord de Mars arrive lorsque la planète passe du côté de l'équinoxe de notre printemps; le milieu de l'automne arrive en juin, et le milieu de l'hiver en septembre.

Cette figure est construite à l'échelle de 7 millimètres pour 10 millions de lieues.

L'orbite terrestre étant intérieure à celle de Mars, la

Fig. 30.



Terre ne peut plus être pour Mars une étoile de nuit, comme pour Mercure et Vénus, mais elle devient désormais (et à plus forte raison pour toutes les planètes suivantes), une étoile du matin et du soir seulement.

La plus grande élongation de la Terre pour les habitants de Mars arrive lorqu'elle forme un angle droit avec le Soleil, dans le voisinage de son aphélie, *a*, Mars étant à son périhélie P. L'angle formé par cette position est de 48 degrés. Ainsi, pour Mars, la Terre ne s'éloigne jamais à plus de 48 degrés du Soleil, juste l'élongation de Vénus pour nous. Nous sommes alors pour cette planète une étoile brillante, offrant un aspect tout à fait analogue à celui que Vénus nous offre à nous-mêmes, précédant l'aurore et suivant le crépuscule.

Notre vanité naturelle peut donc légitimement se bercer de l'idée que les habitants de Mars nous contemplent le soir dans leur ciel empourpré par les derniers rayons solaires, qu'ils nous admirent de loin, qu'ils ont découvert nos phases et celles de la Lune comme nous avons découvert celles de Vénus et de Mercure, et que sans doute ils supposent ici un céleste séjour de paix et de bonheur... Peut-être même nous élèvent des autels!

Ils seraient singulièrement désappointés s'ils pouvaient nous voir d'un peu plus près!

Le plan des deux orbites ne coïncide pas tout à fait, car l'orbite de Mars est inclinée de 1°51′, sur l'écliptique. La ligne d'intersection des deux plans passe les points ☊ et ☋; le plus grand écartement des deux plans arrive aux points M*n* et M*s*.

En raison de l'excentricité de l'orbite de Mars, les oppositions de cette planète arrivent en des points de l'orbite plus ou moins rapprochés de la Terre. On voit facilement sur la figure que la meilleure pour

l'observation sera celle de 1877. Aussi, comme nous l'avons dit dès les premières pages de ce volume, les astronomes attendent-ils avec impatience cette opposition pour compléter la connaissance déjà si avancée que nous possédons de la Géographie de cette planète voisine.

Dans l'opposition de 1877, Mars arrivera à son périhélie le 21 août et en opposition le 5 septembre. Il passera à son périgée le 2 septembre, à la distance de 0,3767, qui ne diffère pas beaucoup du plus grand minimum, quoiqu'elle soit légèrement supérieure à celles des trois dernières périodes de 79 ans, comme on peut le voir par la comparaison suivante :

Opposition.	Mars. Anomalie moyenne.
	°
1640	—0.12
1719	+2.31
1798	+5.15
1877	+7.68

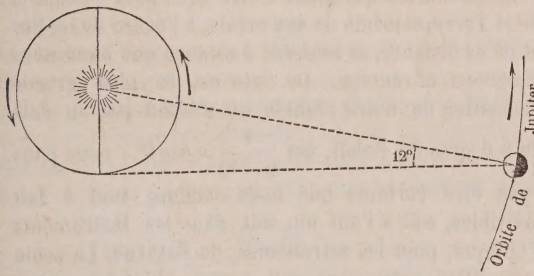
La parallaxe horizontale de Mars atteindra une valeur qui sera sensiblement égale à celle de Vénus diminuée de celle du Soleil. La parallaxe solaire pourrait en être conclue, si l'on faisait des observations soigneuses, avec une exactitude comparable à celle qui résulte du passage de Vénus.

Nous sommes donc admirablement visibles dans le ciel pour Mercure, Vénus et Mars. Mais il faut nous hâter de nous réjouir, car dès Jupiter nous commençons à perdre singulièrement de notre éclat.

En effet, la parallaxe annuelle de Jupiter et l'angle à

Jupiter entre la Terre et le Soleil est d'environ 11 degrés, car pour les distances moyennes $\frac{1}{5,2028} = \sin 11°$. De Jupiter on ne voit jamais la Terre à plus de 11 à 12 degrés d'élongation du Soleil, Mars à plus de 17 degrés, Vénus à plus de 8 degrés et Mercure à plus de 4° 16′. Ainsi les habitants de Jupiter doivent ignorer l'existence de Mercure, toujours plongé dans l'auréole

Fig. 31.



du Soleil ; Vénus a dû être elle-même difficile à découvrir, et puisque la Terre ne s'écarte jamais à plus de 12 degrés du Soleil, on ne peut encore l'apercevoir qu'à de rares intervalles, non pas à l'œil nu, mais avec des instruments, parfois précédant le lever de l'astre du jour, parfois suivant son coucher, offrant la forme de la Lune en quadrature.

Si les astronomes de Jupiter observent le Soleil avec attention, c'est dans les passages de notre petit globe devant cet astre qu'il leur aura été le plus facile de nous découvrir, ainsi que Vénus.

Ainsi, pour Jupiter, la Terre n'est déjà qu'un point obscur, ou à demi éclairé, oscillant de part et d'autre du Soleil et passant périodiquement devant lui.

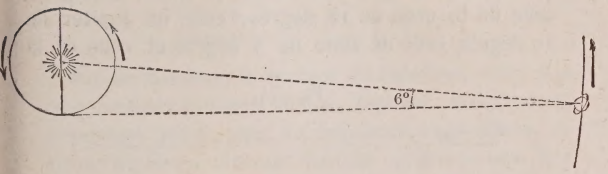
La figure précédente a été construite à l'échelle de 3 millimètres pour 10 millions de lieues. L'arc dessiné de l'orbite de Jupiter représente le chemin parcouru par ce monde colossal pendant le temps que notre petite Terre emploie à accomplir une révolution entière.

La conclusion qui vient d'être tirée pour l'exiguïté de la Terre, et même de son orbite, à l'égard de Jupiter et de sa distance, se renforce à mesure que nous nous éloignons davantage. De Saturne, la plus grande élongation de notre planète ne s'étend pas au delà de 6 degrés du Soleil, car $\frac{1}{9,539} = \sin 6°$: nous pouvons être certains que nous sommes tout à fait invisibles, soit à l'œil nu, soit dans les instruments d'optique, pour les astronomes, de Saturne. La seule supposition qu'il nous soit permis de faire serait d'imaginer qu'ils ont appliqué de puissants télescopes à l'observation assidue du Soleil et qu'ils nous ont découverts par hasard en nous voyant passer... quand je dis *nous*, il serait plus exact de dire le globe terrestre seulement, attendu qu'en supposant même cette découverte faite dans Saturne, il n'a pu être aucunement question des habitants de ce petit point noir, de cette tache insignifiante, qui, pour les philosophes de Saturne, est évidemment déclarée médiocre, brûlée, déserte et inhabitable.

La *fig.* 32 a été tracée à l'échelle de 2 millimètres

pour 10 millions de lieues. L'arc de l'orbite de Saturne qui est figuré représente le chemin parcouru par ce

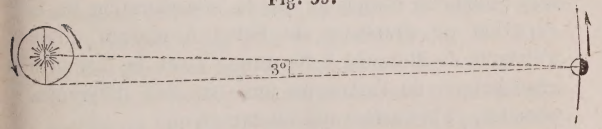
Fig. 32.



merveilleux système sur son orbite dans le cours d'une année terrestre.

Vue d'Uranus, l'orbite terrestre tout entière ne mesure que 6 degrés de diamètre, et par conséquent la Terre ne s'écarte jamais à plus de 3 degrés du petit soleil uranien, 19 fois plus petit que le nôtre en dia-

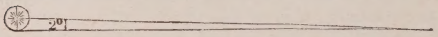
Fig. 33.



mètre. Tout nous porte à croire que la Terre est inconnue du monde d'Uranus, car on n'aurait pu la découvrir qu'aux époques où elle passe sur ce petit Soleil comme une petite piqûre noire, la distinguer des taches, l'observer et la retrouver, ce qui paraît à peu près impossible. La *fig.* 33 a été tracée à l'échelle de 1 millimètre pour 10 millions de lieues et l'arc de l'orbite uranienne représente le chemin parcouru en un an.

Enfin, de Neptune, le Soleil mesure 64 secondes de diamètre (comme Vénus pour nous) avec une lumière 900 fois moins intense que celle qui nous éclaire; la plus grande élongation d'Uranus y est de 40 degrés, celle de Saturne de 18 degrés, celle de Jupiter de 10 degrés, celle de Mars de 3 degrés et celle de la

Fig. 34.



Terre de 1° 54′. Il est donc absolument certain que la Terre y est inconnue, et il en est probablement de même de Mars. La petite *fig.* 34 a été tracée à l'échelle de 1 millimètre pour 20 millions de lieues.

Telle est la Terre vue des différentes planètes.

Cette esquisse des rapports optiques qui relient entre eux les différents membres du système solaire sera utilement complétée par la considération de la variation de grandeur du Soleil à mesure qu'on s'éloigne de Mercure à Neptune. Voici le diamètre géométrique de l'astre du jour vu des différentes planètes, et la surface qui lui correspond :

Dimensions apparentes du Soleil.

	Diamètre.	Surface.
Vu de Mercure.....	82′.49″	6673
» Vénus.....	44.20	1910
» la Terre.	32. 4	1000
» Mars.....	21. 3	430
» Flore.....	14.33	206

	Diamètre.	Surface
	′ ″	
Vu de Camille ou Sylvie.	9. 0	79
» Jupiter.	6.10	37
» Saturne.	3.22	11
» Uranus.	1.40	2
» Neptune.	1. 4	1

Vue de Mercure, la surface du Soleil est 6673 fois plus considérable que vue de Neptune. Remarquons néanmoins que si, pour les habitants de la Terre, le disque du Soleil offre une surface apparente sept fois plus grande que celle sous laquelle on l'aperçoit de Mercure, et si dans Neptune cette surface se trouve réduite jusqu'au millième de ce qu'elle est ici, elle conserve néanmoins, dans ce dernier globe, un éclat bien supérieur à celui de tous les astres, planètes ou étoiles que nous voyons au ciel.

Il faut s'éloigner jusqu'aux étoiles pour que notre Soleil perde tout à fait sa supériorité apparente, et s'évanouisse comme un point au milieu de l'espace étoilé.

Le diamètre des plus brillantes étoiles, de Sirius même, n'est pas égal à 1 centième de seconde. Le Soleil vu de Neptune mesurant encore 64 secondes, la surface de son disque est supérieure à 40 960 000 fois celle de Sirius. Ainsi, dans la planète la plus reculée du système, en supposant aux deux lumières le même éclat intrinsèque, le Soleil illumine encore comme plus de 40 millions d'étoiles de première grandeur. Le jour sur Neptune est 800 fois plus brillant que notre pleine Lune. D'autres planètes peuvent être plus éloignées que Neptune et recevoir encore du Soleil une lumière assez intense.

XV.

DERNIÈRES COMÈTES OBSERVEES.

§ I. — 1872.

Nous n'avons point parlé des comètes depuis celles de 1871. Aucune découverte nouvelle n'a été faite en 1872. Cependant nous avons vu que, le 2 décembre de cette année-là, M. Pogson a cru retrouver, non loin de la position télégraphiée par M. Klinkerfues, des épaves de la comète de Biéla qui avait dû rencontrer la Terre à cette date. La question a été spécialement examinée depuis, et nous devons signaler les remarques définitives présentées par M. Tupman à la Société astronomique de Londres.

Les lignes de visées, indiquées par M. Pogson, pour ses observations des 2 et 3 décembre 1872, passent tellement loin au nord de l'orbite connue de la comète de Biéla, que la question de l'identification de la nébulosité vue par lui avec cette comète paraît fort douteuse à M. Tupman. Reprenant alors la position donnée par Al. Herschel pour le point radiant correspondant à l'orbite actuelle des météores du 27 novembre, il en a déduit les éléments de cette orbite, et trouve qu'ils se rapprochent beaucoup plus de ceux de la comète de Biéla que les positions du 2 et du 3 décembre.

	Essaim du 27 novembre.	Comète de Biéla.
Passage au périhélie..	1872, déc. 26,90	1872, oct. 6,4
Longitude du périhéiie.	111°.48′	109°.24′
Longitude du nœud...	245°.57′	245°.54′
Inclinaison.....	13°.24′	12°.34′
Log distance périhélie .	9,8265	9,8718
Log excentricité.....	9,7670	9,7600
Mouvement.....	direct.	direct.

Un changement de moins de 1 degré dans la position du point radiant conduirait, pour l'orbite de l'essaim, à des éléments identiques à ceux de l'orbite de la comète, tandis qu'une variation considérable dans la durée de la période ne produirait qu'un effet absolument insensible.

Il y a donc lieu d'admettre que les météores de la fin de novembre se meuvent le long de la même orbite que la comète de Biéla, mais non la nébulosité vue le 2 décembre.

De plus, après avoir prouvé l'impossibilité que M. Pogson ait observé deux corps différents, il ne reste, pour M. Tupman, d'autre conclusion que la suivante : ce qu'a vu M. Pogson n'est ni la comète de Biéla, ni une agrégation météorique se mouvant suivant la même orbite, ni un corps qui ait passé près de la Terre le 27 novembre, et qui, par conséquent, serait en rapport avec les circonstances extraordinaires qui ont accompagné sa découverte. — Qu'est-ce que c'est?

Considérons à ce propos, avec M. Hind, l'état actuel du calcul relatif à la comète de Biéla.

On sait que les deux noyaux de cette comète ont été observés dans l'automne de 1852, beaucoup plus loin de leurs positions calculées qu'on ne s'y attendait. Ce fait tenait à ce que, dans son calcul, Santini s'était servi d'un demi-grand axe dépendant seulement de la dernière apparition (1846), au lieu de celui qu'on aurait déduit de l'apparition de 1832 et transporté en avant par la grande perturbation de 1846 (*). Depuis, les perturbations de 1852 ont été calculées par Santini, celles de 1852 à 1866 par Clausen, directeur de l'Observatoire de Dorpat, et celles de 1846 à 1858 par Hubbard, de l'Observatoire de Washington. Voici les résultats que trouvent ces savants pour l'époque du passage au périhélie (réduite au méridien de Greenwich) pour 1859.

Noyau de 1852.	mai		23,5559	Santini et Michez.
Noyau I.	»	»	22,8149	Clausen.
Noyau II.	»	»	24,0910	Clausen.
Noyau I.	»	»	23,0816	Hubbard (**)
Noyau II.	»	»	24,4353	Hubbard (**)

Pour la période de 1859 à 1866, Michez a calculé

(*) *Sulla cometa periodica detta di Biela* (*Atti dell' Istituto Veneto di Scienze*, 26 novembre 1844).

(**) Hubbart admet que le noyau *principal*, en 1846, est identique à celui qui a précédé en 1852; Clausen, Santini et Michez paraissent avoir adopté l'opinion contraire. Quant à Hubbart, il pense que la question ne peut être résolue par les quelques observations faites en 1852.

l'effet des perturbations de Jupiter, Saturne, la Terre et Vénus; Clausen et lui trouvent, pour époque du passage au périhélie en 1866 :

Noyau de 1852.	Janvier		26,3834	Michez.
Noyau I.	»	»	25,5835	Clausen.
Noyau II.	»	»	27,4607	Clausen.

Il est donc bien évident qu'en tenant compte des causes connues de perturbation le passage au périhélie avait été fixé au 24 mai pour 1859, et au 26 janvier pour 1866. En 1859, la position de la comète dans le ciel rendait son observation peu probable; on n'a donc pas fait grande attention à ce qu'elle est passée inaperçue. Pour le retour de 1866, il n'en a pas été de même; tout le monde se rappelle les efforts immenses, mais infructueux, faits par un grand nombre d'astronomes pour la retrouver; M. Otto Struve l'a cherchée avec le grand équatorial de Pulkova, trois ou quatre nuits chaque mois, depuis septembre jusqu'à la fin de l'année; d'Arrest avec le bel équatorial de l'Observatoire de Copenhague, pendant plus de vingt nuits, à partir d'août 1866; le P. Secchi avec l'équatorial de Merz, du Collége Romain, équatorial qui lui a servi à découvrir tant de nébuleuses non indiquées dans les Catalogues des Herschel; M. Bruhns, à Leipzig, pendant vingt nuits au moins, tant avant qu'après le passage au périhélie; M. Weiss à Vienne, pendant plus d'une belle nuit de novembre à février; M. Warren de la Rue, en Angleterre, avec son puissant télescope, et M. Hind, avec l'équatorial de 7 pouces de M. Bishop, l'ont aussi cherchée assi-

dûment, mais personne ne l'a rencontrée. Il est donc bien clair que la comète n'est pas passée à son périhélie dans un intervalle de plusieurs semaines aux environs de l'époque indiquée.

Pour la révolution de 1866 à 1870, personne n'a encore entrepris le calcul des perturbations.

D'un autre côté, lors de l'averse météorique du 27 novembre 1872, M. Klinkerfues a émis l'hypothèse, depuis généralement admise, que l'un des corps qui composent la comète a, cette nuit-là, rencontré la Terre à son nœud descendant. Il en résulte nécessairement, puisque l'arc d'anomalie vraie qui sépare le nœud descendant du périhélie est parcouru en $30^{\text{jours}},3$, que le passage de la comète à son périhélie a eu lieu un peu après minuit, le 27 décembre; mais alors, entre l'apparition de 1852 et celle-là, il y aurait trois révolutions moyennes de $6^{\text{ans}},754$; ce qui placerait le passage au périhélie de 1866 environ au 28 mars, six à huit semaines après l'époque prédite. Il n'y aurait alors rien d'étonnant qu'en 1866 la comète ait passé inaperçue, puisqu'on supposait que son passage devait avoir lieu en janvier.

Retrouvera-t-on cette comète perdue?

§ II. — 1873.

On n'a pas observé moins de sept comètes en 1873, toutes télescopiques, si l'on en excepte pourtant la comète Henry, qui a pu être distinguée à l'œil nu pendant quelques nuits, comme une clarté nébuleuse de 5e grandeur.

La première comète de l'année 1873 a été remarquée dans la nuit du 3 au 4 avril, à l'Observatoire de Marseille, par M. Stephan, directeur de cet établissement : c'était la comète de Tempel, découverte par l'astronome dont elle porte le nom, le 3 avril 1867, à 10 heures du soir, par la fenêtre de la modeste habitation qu'il occupait rue Pythagore. Sa désignation est : comète II, 1867. Le calcul a montré que c'est là une comète périodique de 5 $\frac{3}{4}$ ans environ, et qu'elle est revenue dans le voisinage de la Terre en avril 1873, pour passer au périhélie le 9 mai. M. Suliger ayant construit une éphéméride de son mouvement, c'est à l'aide de cette éphéméride que M. Stephan l'a trouvée, à la position indiquée par le calcul.

Elle était d'une excessive faiblesse, même dans le grand télescope Foucault, de 80 centimètres.

Le 1er mai suivant, le même astronome a pu faire une nouvelle observation de cet astre vaporeux.

Le 21 et le 23, il ajouta deux nouvelles observations aux précédentes. L'éclat de la comète était toujours faible, mais il avait notablement augmenté depuis le 1er mai ; on la distinguait fort bien avec l'équatorial.

On put l'observer dès lors dans plusieurs observatoires, notamment à Paris et à Twickenham. Les observations de Paris, faites par MM. Wolf, Henry, André et Baillaud, montrèrent que la comète se composait alors d'une nébulosité ronde, assez visible, avec une apparence de concentration augmentant progressivement des bords au centre, et d'un diamètre de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ minute.

D'après les observations du 3 avril et du 1er mai

faites à Marseille, et du 22 mai faites à Twickenham, M. Hind a calculé de nouveaux éléments de l'orbite, qui furent évalués comme il suit :

τ = 1873; mai 9,74218 t. m. de Greenwich.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 238^{\circ}.\ 1'.\ 6'',0 \\ \Omega = & 78.43.18,9 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de 1873,0.}$$

$$\begin{array}{rl} i = & 9.45.49.1 \\ \varphi = & 27.31.14,6 \\ \log a = & 0,5173827 \\ \mu = & 594'',19987 \end{array}$$

Telle est la première comète de 1873, dont le vrai nom est *comète Tempel, II*, 1867.

La comète II, 1873, a été découverte également par Tempel, à Milan, le 3 juillet 1873. C'est à $1^{h}30^{m}$ du matin, dans la nuit du 3 au 4 juillet, qu'il la découvrit dans la constellation du Verseau, sous la forme d'une pâle nébulosité. Elle fut observée successivement à Milan, Kiel, Naples, Strasbourg, Athènes, Padoue, Marseille, Vienne. On en calcula les éléments, que l'on trouva de l'ordre elliptique, et montrant, comme ceux de la précédente, une orbite à courte période. Parmi ces calculs, les plus approximatifs me paraissent être ceux de M. Schulhof, qui attribuent à cette comète une révolution de 6 ans environ. Les voici :

τ = 1873; juin 25,38179 t. m. de Berlin.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 306^{\circ}.\ 4'.52'',6 \\ \Omega = & 120.54.40,8 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de 1873,0}$$

$$\begin{array}{rl} i = & 12.44.27,8 \\ \varphi = & 33.21.7,0 \\ \log a = & 0,474867 \\ \mu = & 688'',1867 \end{array}$$

Plus récemment (1875), on a modifié ces éléments en remarquant que la comète a éprouvé de fortes perturbations dans son passage près de Jupiter à son dernier aphélie. Elle s'en est approchée à 0,35, la distance moyenne de la Terre au Soleil étant 1, c'est-à-dire à 12 950 000 lieues.

Ce rapprochement a élevé la durée de la période de 2080 à 2179 jours, l'augmentant ainsi de 99 jours.

Les éléments pour 1873 sont :

Demi-grand axe....	3,2889
Demi-petit axe.....	1,7695
Période.....	5^{ans},965

Nous pouvons donc attendre cette petite comète télescopique pour la revoir, au printemps de 1879, dans des conditions aussi favorables que celles de 1867 et 1873.

La comète III, 1873, a été découverte le 20 août, à l'Observatoire de Marseille, par M. Borrelly. Elle était animée d'un mouvement rapide vers le sud, de 1 degré par jour à peu près, et présentait la forme d'une nébulosité circulaire d'environ 2 minutes de diamètre, offrant en son centre un noyau assez brillant.

Son spectre, examiné le 21 au matin à l'Observatoire de Paris par MM. Wolf et Rayet, se composait d'un spectre continu depuis le jaune jusque vers le violet, dû en partie à la lumière solaire réfléchie, et de deux bandes lumineuses, l'une dans le vert, l'autre dans le bleu. La bande verte était intense, nettement limitée vers le rouge, diffuse vers le violet. La bande bleue, dont l'éclat était environ la moitié de celui

de la précédente, était aussi limitée vers le rouge et diffuse vers le violet.

Le spectre continu présentait beaucoup plus d'éclat que celui des comètes précédemment étudiées, et était beaucoup plus étroit. Peut-être était-il dû à un noyau solide.

Un résultat analogue a été conclu par M. Vogel.

Des nombreuses observations faites en France, en Italie, en Angleterre, en Autriche, en Allemagne, sur cette comète, on a conclu diverses séries d'éléments, tous paraboliques. Encore une comète qui ne suit pas de courbe fermée. Voici ceux de M. Weiss, de Vienne, qui me paraissent les plus sûrs :

τ = 1873; septembre 10,83097, t. m. de Berlin.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 64^{\circ}.26'.18'',4 \\ \Omega = & 230.38.16,4 \\ i = & 96.\ 0.10,0 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de 1873,0.}$$

$\log q$ = 9,900056

Ajoutons que son mouvement est rétrograde.

La comète IV, 1873, a été découverte à l'Observatoire de Paris, quelques jours après la précédente, par deux jeunes astronomes que leur travail et leur ardeur ont déjà fait remarquer de tous les amis de l'Astronomie, MM. Paul et Prosper Henry. Comme ils étudiaient le ciel ensemble pour la construction d'une nouvelle carte, le premier d'entre eux remarqua cette comète, qui se présentait sous la forme d'une nébulosité ronde, très-brillante, presque visible à l'œil nu, avec une

condensation centrale. Il était 11 heures du soir, le 23 août, et la comète se trouvait par $7^h 27^m$ d'ascension droite et 59° 30′ de déclinaison boréale, dans la constellation du Lynx.

Cette comète s'est distinguée des autres comètes télescopiques par ses changements de formes, l'accroissement rapide de sa queue, et aussi par son éclat, qui l'a rendue visible à l'œil nu, quelque temps avant son passage au périhélie.

Le jour de sa découverte, elle se présentait au télescope comme une nébulosité ronde, fortement condensée au centre et sans trace visible de queue; son diamètre apparent était de 4 minutes environ. On la voyait dans une lunette de 1 centimètre d'ouverture, comme une étoile de 7e grandeur. Cet aspect a peu varié jusqu'au 26 août. A cette date, on commença à apercevoir un rudiment de queue; la tête devenait légèrement elliptique, et son diamètre atteignait 6 minutes.

Le 29 août, la queue, directement opposée au Soleil, avait déjà 20 minutes de longueur; elle formait avec le méridien passant par son noyau un angle de 47 degrés. A partir de cette époque, sa longueur n'a pas cessé de s'accroître; le 2 septembre, elle avait atteint 2 degrés. Quant au noyau, ses dimensions restaient à peu près constantes, bien que son éclat augmentât rapidement; il était comparable, le 10 septembre, à celui d'une étoile de 5e grandeur.

La tête de la comète, examinée avec un grossissement de 200 fois, paraissait composée de trois enveloppes et d'un noyau. Le noyau n'était pas au centre, mais situé

un peu vers le sommet. De la masse de lumière qui

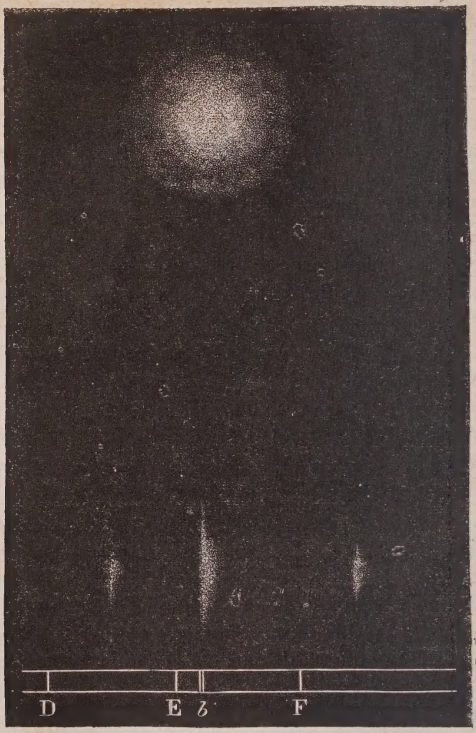


Fig. 35. — La comète Henry et son spectre, le 26 août 1873.

l'entourait s'échappait un filet lumineux très-étroit et qui paraissait donner naissance à la queue. Ce filet,

très-brillant à son origine, s'affaiblissait graduelle-

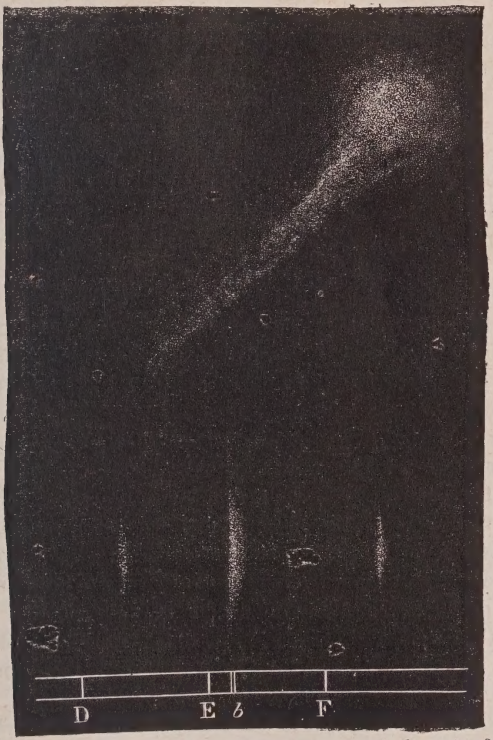


Fig. 36. — La comète Henry et son spectre, le 30 août 1873

ment à mesure qu'il s'éloignait de son point de départ.

Dans la nuit du 26 au 27 août, MM. Rayet et André,

astronomes de l'Observatoire de Paris, ont pu examiner le nouvel astre au spectroscope. L'aspect de la comète dans le champ de la lunette est reproduit ici dans notre *fig.* 35.

Elle avait conservé sa forme circulaire, avec une condensation de lumière très-vive en son centre : il n'y avait aucune trace de noyau ou d'enveloppes successives. La physionomie de l'astre était identique à celle de l'amas de la constellation d'Hercule dans une lunette dont le pouvoir optique serait insuffisant pour le résoudre en étoiles. L'éclat du noyau central était comparable à celui d'une étoile de 7e grandeur.

Le spectre de la comète était composé des trois bandes lumineuses ordinaires : la première dans le jaune, à peu près au milieu entre D et E; la deuxième tout au voisinage de *b*; la troisième au delà de F. Il n'y avait pas trace de spectre continu s'étendant entre les diverses lignes lumineuses.

La ligne du vert était de beaucoup la plus brillante et paraissait avoir une longueur double de celle des deux autres; nettement terminée du côté rouge, elle devenait diffuse vers le violet. Les lignes du jaune et du bleu avaient une intensité à peu près égale.

Cette comète a été étudiée de nouveau dans la nuit du 29 au 30 août. Son diamètre se trouvait alors beaucoup augmenté; il atteignait près de 8 minutes, et il s'était formé une queue assez large, longue de près de 25 minutes, dirigée à l'opposé du Soleil et inclinée d'environ 47 degrés sur la direction du mouvement diurne (*fig.* 36).

La tête de la comète avait conservé sa forme ronde,

et l'éclat du noyau central s'était accru jusqu'à celui d'une étoile de 6e grandeur. La queue, peu lumineuse au moment où elle se détachait de la nébulosité de la tête, prenait ensuite un certain éclat et disparaissait enfin en devenant de plus en plus pâle.

La tête présentait toujours un spectre composé de trois bandes lumineuses, mais traversé par un très-faible spectre continu. L'éclat de l'astre ayant augmenté, l'observation spectrale a pu être faite avec une fente relativement étroite, et la bande du vert a pris alors une physionomie plus nette; sur une partie de sa longueur, elle était terminée des deux côtés en ligne droite, tout en restant toujours plus brillante du côté du rouge. L'éclat des lignes jaune et bleue avait également un peu augmenté.

La comète a été de nouveau observée dans la nuit du 10 au 11 septembre, pendant une éclaircie qui s'est produite entre 1 heure et 2 heures du matin.

Malgré la Lune, alors à son troisième quartier, qui illuminait brillamment le ciel, la comète était bien visible et d'un grand éclat; son noyau se détachait vivement sur le champ complétement éclairé de l'équatorial et dans des conditions où les étoiles de 6e grandeur étaient effacées. Ce noyau tranchait, par sa teinte bleue (lumière propre de la comète), sur la lumière jaunâtre de la lampe. La forme de la tête s'était accentuée, comme on la voit reproduite dans le dessin suivant. Vers la tête de la comète, le noyau dessinait un arc de cercle convexe dont l'intensité lumineuse tranchait nettement sur la nébulosité générale; sa courbure paraissait moindre vers la partie droite du

champ, à l'ouest. La portion la plus lumineuse du noyau avait une forme grossièrement triangulaire et se prolongeait vers la queue par un vif filet de lumière.

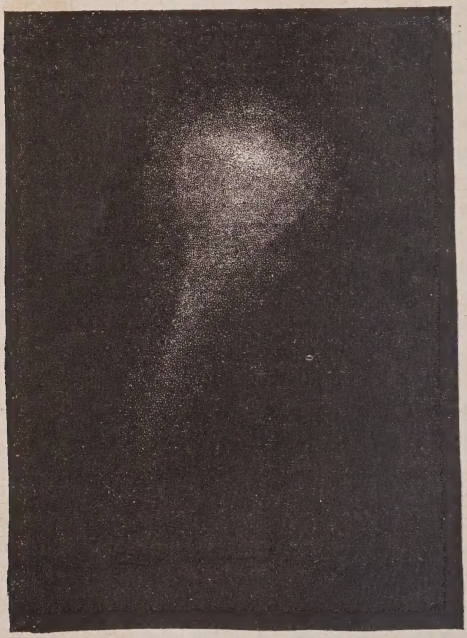


Fig. 37. — La comète Henry, le 11 septembre 1873.

L'éclat de la Lune empêchait de voir la queue dans tout son développement et restreignait les dimensions de la comète.

Cet astre a pu être encore aperçu le 15 septembre, vers 4 heures du matin, mais sa hauteur trop faible s'opposait à des observations, qu'auraient gênées d'ailleurs les premières lueurs du jour. On a cependant pu constater que la forme du noyau était sensiblement la même que le 12, et que son éclat était considérablement augmenté. En effet, il était encore possible de distinguer la comète, alors que les étoiles de 4e grandeur n'étaient déjà plus visibles.

De la comparaison des observations précédentes avec celles de M. Huggins, sur la comète I de 1868 (Winnecke), M. Plummer a cru pouvoir conclure que le spectre de ces deux astres est identique, et que la lumière de la comète IV, 1873, doit être attribuée à du carbone incandescent.

D'après cette conclusion, la comète serait lumineuse par elle-même; mais ce fait s'accorde peu avec celui de la variation d'éclat des comètes, qui deviennent toujours plus brillantes à mesure qu'elles s'approchent du Soleil, à moins qu'elles s'enflamment en proportion de leur rapprochement du Soleil. On conçoit d'ailleurs difficilement un corps d'une masse aussi faible que celle qu'on assigne généralement aux comètes se maintenant si longtemps à une température aussi élevée que celle que nécessite la volatilisation du carbone.

Il serait peut-être plus admissible de supposer que la comète, éclairée par le Soleil, est un composé gazeux, froid, dans lequel il entre du carbone sous forme, par exemple, d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone; ce composé gazeux ne pourrait évidemment réfléchir que les rayons qu'il a arrêtés; or, cet arrêt ne portant

que sur quelques lignes du spectre, ces lignes, parmi lesquelles se trouveraient celles du carbone, seraient seules réfléchies. Peut-être aussi les gaz cométaires sont-ils doués d'une propriété de phosphorescence spéciale, grandissant avec la proximité du Soleil et l'accroissement de la chaleur.

La comète Henry est passée au périhélie le 1er octobre. Après son passage, on l'a aperçue une fois encore, à Pola, en Istrie, le 28 novembre. A l'aide de la série complète des observations, M. Weiss a calculé les éléments paraboliques qui suivent :

$$\tau = 1873;\ \text{octobre } 1{,}800228,\ \text{t. m. de Berlin.}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 50^{\circ}.28'.18'',5 \\ \Omega &= 176.43.14{,}3 \\ i &= 121.28.58{,}8 \end{aligned}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1873{,}0.$$

$$\log q = 9.585297$$

Son mouvement est rétrograde. Encore une nébulosité qui vagabonde de système en système, sans se laisser saisir par aucune attraction définitive.

La cinquième comète observée en 1873 est la comète périodique de Brorsen, découverte en février 1846. Elle a été cherchée et trouvée par M. Stephan, à l'Observatoire de Marseille, dans la nuit du 31 août au 1er septembre, à l'aide d'une éphéméride calculée par M. Hind. Elle avait l'apparence d'une nébulosité ovoïde, diffuse, d'une excessive faiblesse, avec une trace de condensation vers la partie centrale. L'observation en était très-difficile. Le dernier passage au périhélie de cette comète à courte période a eu lieu le 17 avril 1868. Corrigés des

observations nouvelles et calcul fait des perturbations planétaires, les éléments définitifs de cette comète sont les suivants, d'après les travaux de M. Plummer, astronome de l'Observatoire de M. Bishop (Angleterre) :

τ = 1873. octobre; 19,4701, t. m. de Greenwich.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 116^{\circ}.\ 5'.59'',3 \\ \Omega = & 101.15.51,0 \\ i = & 29.23.16,4 \end{array}\right\} \text{Éq. moy. de 1873, octobre 19.}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi = & 53.52.40,2 \\ \log a = & 0,4921855 \\ \log \mu = & 2,8117283 \end{array}$$

L'époque calculée pour le passage au périhélie n'a été que d'un demi-jour en retard sur le véritable.

La sixième comète observée en 1873 est aussi une comète périodique ; elle a été également retrouvée par la persévérance du directeur de l'Observatoire de Marseille : c'est la comète de Faye. M. Stephan l'a reconnue dans la nuit du 3 au 4 septembre, par $7^{h}0^{m}48^{s}$ d'ascension droite et 74° 12′ 33″ de distance polaire, position assignée par le calcul. Elle était excessivement faible, très-petite, mais avec un minuscule noyau bien net, qui rendait l'observation facile. M. Stephan est parvenu à la revoir le 28 et le 30 novembre, elle était toujours excessivement faible. Cet astronome est le seul qui ait pu la retrouver.

Enfin la comète VII, 1873, qui a dignement clos les belles observations cométaires de cette année, a été découverte le 10 novembre, à l'Observatoire de Marseille, par M. Coggia. Le lendemain, M. Winnecke la décou-

vrait à Strasbourg, sans savoir qu'il avait été devancé par le jeune astronome français. Elle offrait l'aspect d'une pâle nébulosité et était animée d'un faible mouvement vers le sud-ouest. Cette comète fut observée à Marseille, Strasbourg, Vienne, Hambourg, etc., et ces observations ont permis à M. Weiss de calculer les éléments que voici :

τ = 1873; décembre 1,25618, t. m. de Berlin.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 85^{\circ}.43'.12'',3 \\ \Omega = & 250.19.50,3 \\ i = & 30.\ 1.27,8 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1873,0$$

$\log q$ = 9,865980

Ses éléments sont paraboliques; néanmoins, ils offrent la plus grande ressemblance avec les éléments elliptiques de la comète de Pons, I, 1818. C'est la remarque qui a été faite immédiatement par Weiss et Hind. Le premier de ces astronomes, reprenant ses calculs, détermina de nouveaux éléments conduisant à deux périodes différentes pour s'accorder avec les observations de 1818, l'une de près de cinquante-six ans, l'autre de sept ans à peine. Voici ces deux séries d'éléments :

1re = 55ans,82.

τ = 1873; décembre 1,63005, t. m. de Berlin.

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 85^{\circ}.38'.49'',2 \\ \Omega = & 249.56.44,0 \\ i = & 29.18.32,8 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1873.0$$

$\log q$ = 9,871122

e = 0,949114

$$2^e = 6^{ans},9775,$$

$$\tau = 1873;\ \text{décembre},\ 2,97277$$

$$\left.\begin{array}{rl} \pi = & 85^{\circ}.29'.36'',7 \\ \Omega = & 248.45.\ 6,1 \\ i = & 26.47.54,0 \end{array}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1873,0.$$

$$\log q = 9,887616$$

$$e = 0,788578$$

L'une et l'autre de ces ellipses sont possibles. L'avenir nous apprendra bientôt laquelle des deux est la bonne. Il semble que la première soit préférable, à cause de l'absence d'observations depuis 1818 jusqu'en 1873.

D'après M. de Littrow, directeur de l'Observatoire de Vienne, cette comète a dû s'approcher de la Terre à une très-petite distance, de manière à couper l'écliptique au point où la Terre passe le 4 décembre. Le rapprochement a été de 9 millions de lieues.

En terminant cet exposé des travaux cométaires de l'année 1873, on nous permettra, pour répondre aux accusations dirigées parfois contre les astronomes français, de remarquer ici que, sur sept comètes observées durant cette année, six ont été découvertes en France, par des astronomes français. On pourrait même ajouter que M. Tempel, qui a découvert l'autre, est un ancien membre de l'Observatoire de Marseille.

§ III. — 1874.

On vient de voir que sept comètes ont été observées en 1873 : l'année 1874 a été presque aussi riche, car le nombre de ses comètes s'élève à six, dont une vi-

sible à l'œil nu et fort belle, et toutes entièrement nouvelles.

La première a été découverte à Strasbourg, par le Dr Winnecke, dans la nuit du 20 au 21 février. Aux observations faites dans cette ville, il faut ajouter celles de Pola et de Vienne, sur l'ensemble desquelles M. Schulhof a conclu les éléments suivants, qui ne sont pas très-sûrs :

$$\tau = 1874;\ \text{mars } 9{,}95342 \text{ t. m. de Berlin.}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 300^{\circ}.36'.4'',2 \\ \Omega &= 31.31.18{,}2 \\ i &= 58.17.14{,}5 \end{aligned}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1874{,}0.$$

$$\log q = 8{,}642852$$

La deuxième comète de 1874 a été découverte par le même astronome au même observatoire, le 11 avril, et observée à Strasbourg, Krakau, Kremsmünster, Vienne, Leipzig, Milan. De ces observations, M. E. Weiss a conclu les éléments suivants, qui sont très-approchés :

$$\tau = 1874;\ \text{mars } 13{,}99342,\ \text{t. m. de Berlin.}$$

$$\left.\begin{aligned} \pi &= 245^{\circ}.53'.14 \\ \Omega &= 274.\ 6.44 \\ i &= 148.24.42 \end{aligned}\right\} \text{Équinoxe moyen de } 1874{,}0.$$

$$\log q = 9{,}94743$$

Ces deux comètes étaient excessivement faibles, tout à fait télescopiques, et paraissaient sous forme de petites nébuleuses dépourvues de noyau et de queue.

La troisième comète de 1874 a été la plus remarquable de cette année-là et de toute cette époque, car

c'est la seule comète un peu importante qui ait brillé au ciel depuis 1862. Elle a été l'objet d'un grand nombre d'observations dans tous les pays de l'Europe et dans les deux hémisphères, et nous devons nous y arrêter un peu longuement.

Le 17 avril, M. Coggia, le jeune et laborieux astronome de l'Observatoire de Marseille, découvrait une petite comète télescopique perdue dans les régions polaires de notre ciel boréal. C'était une faible nébulosité, comme toutes les comètes télescopiques, à peine visible sur le fond noir du ciel. Mais cet astre nébuleux est moins modeste qu'il ne le semblait d'abord.

Voici ce que j'écrivais à son égard au mois de juin dans le journal *la Nature :*

« Des observations ayant été faites pendant les mois d'avril et de mai permettent de calculer les éléments approximatifs de l'orbite de cette vapeur errante. Il en résulte que cette comète s'approche de la Terre, et qu'elle va devenir visible à l'œil nu. Déjà une chevelure s'est formée autour de son noyau, et une queue diffuse se déploie, à mesure que l'astre vagabond se rapproche des régions échauffées par le Soleil. Son mouvement est direct, c'est-à-dire qu'il s'accomplit dans le sens général de la translation des planètes autour du Soleil, de l'ouest à l'est. Mais il est fortement incliné sur le plan de l'orbite terrestre (66 degrés). La ligne d'intersection du plan de l'orbite de la comète avec celui de l'orbite terrestre est tracée par 119 degrés de longitude, et la longitude de son périhélie est à 271 degrés. Tout amateur d'Astronomie peut se représenter ainsi la si-

tuation de l'orbite du nouvel astre dans l'espace. Le passage au périhélie aura lieu le 11 juillet prochain. La comète se trouvera alors à une distance minimum du Soleil égale à 0,68535 relativement à celle de la Terre, c'est-à-dire à 25 millions de lieues du Soleil.

» La comète augmente rapidement d'éclat à mesure qu'elle descend vers la Terre. Ainsi, si l'on représente par 1 l'éclat qu'elle offrait le jour de sa découverte, on calcule l'accroissement suivant pour tout le temps de son apparition :

17 avril....	1	13 juillet...	100
24 mai.....	3	19 juillet...	150
10 juin.....	7	26 juillet...	120
24 juin.....	20	3 août....	50
3 juillet...	40	6 août....	30
8 juillet...	60		

» Comparativement aux grandeurs des étoiles, nous pouvons attribuer aux phases de la comète les chiffres suivants :

17 avril....	9e	3 juillet...	4e
28 mai.....	7e	15 juillet...	3e
10 juin.....	6e	4 août....	4e
21 juin.....	5e		

» Ces chiffres montrent que du milieu de juin au milieu d'août la comète est assez brillante pour être visible à l'œil nu.

» Parmi les observations télescopiques que j'ai faites sur cette comète, je rapporterai ici celle du 11 juin, qui m'a permis de faire un dessin suffisant pour

apprécier la forme et l'étendue de la nébulosité cométaire. Elle se trouvait par $7^h 2^m$ d'ascension droite et 68° 55′ de déclinaison, à l'est de deux étoiles de 4e grandeur, entre la plus boréale de ces deux étoiles

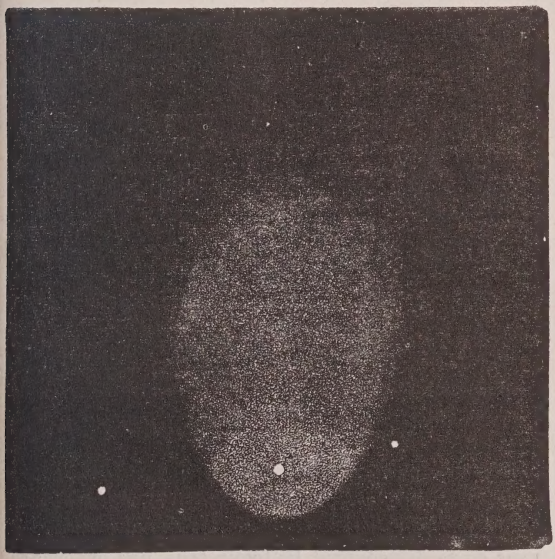


Fig. 38. — La comète Coggia, le 11 juin 1874.

et une autre de 6e grandeur située plus à l'est. Dans un chercheur grossissant huit fois seulement, on distinguait ces trois étoiles et la comète avec sa queue. La comète était moins intense que les deux étoiles de 4e grandeur, et supérieure à celle de 6e. Au télescope,

l'oculaire n° 1, grossissant 120 fois, montrait la comète sous la forme d'une nébulosité diffuse, munie d'un noyau brillant et d'une queue vaporeuse. La lumière générale était celle d'un rayon de Soleil qui pénètre dans une pièce obscure et éclaire les poussières dans l'air; elle diminuait d'intensité à mesure qu'elle s'éloignait du noyau, mais s'étendait assez loin pour annoncer la présence de la comète, lors même que la tête de celle-ci n'était pas dans le champ du télescope.

» Ce qu'il y avait de plus remarquable, c'était précisément cette tête et cette chevelure, fort lumineuses. Placé entre deux étoiles très-voisines, l'une de 8e grandeur, l'autre de 9e, le noyau de la comète était à la fois *plus visible* que la première, mais *moins brillant;* il était plus large et plus pâle. La chevelure s'étendait jusqu'à l'étoile de 9e grandeur. La lumière était d'un blanc pâle verdâtre, qui contrastait singulièrement avec le ton chaud et plus jaune des étoiles voisines.

» Ce sont là les premières observations faites sur la nouvelle comète ; mais, comme nous l'avons dit, elle s'approche de la Terre, va devenir visible à l'œil nu, sans atteindre, il est vrai, les dimensions de la comète Donati, de 1858, ni celles de la grande comète de 1862, mais en se développant toutefois sous une envergure suffisante pour frapper la curiosité des esprits attentifs, et peut-être assez même pour devenir populaire. »

Voici les observations principales qui ont été faites sur cet astre, à l'Observatoire de Paris, par MM. Wolf et Rayet.

Pendant la première moitié du mois de juin, la comète a offert la forme d'une nébulosité circulaire d'en-

viron 4 minutes de diamètre, avec un noyau central très-brillant et remarquablement net, qui donnait à l'astre une physionomie toute spéciale. A l'opposé du Soleil, la nébulosité se prolongeait en une queue qui, étroite à la base, s'épanouissait ensuite en forme d'éventail sur une longueur d'environ 24 minutes; la chevelure était plus brillante au centre que vers les bords.

La comète a conservé ce même aspect, en grandissant rapidement, jusqu'au 22 juin environ, au moins autant qu'il a été possible d'en juger par des observations faites malgré la lumière de la Lune.

Le 22 juin a commencé la série des changements de forme de la tête de la comète. Ce jour-là, examinée au télescope de Foucault de 40 centimètres, elle paraissait circonscrite dans l'intérieur d'une parabole très-allongée; à partir du noyau, placé comme pourrait l'être le foyer de la courbe, l'éclat allait en décroissant régulièrement vers le sommet; mais, vers l'intérieur de la parabole, la diminution de la lumière était brusque et la ligne de chute dessinait une autre parabole un peu plus ouverte que la première et ayant pour sommet le noyau brillant lui-même. La parabole passant par le noyau se prolongeait pour former les limites latérales de la queue, dont les bords, nettement terminés, étaient beaucoup plus brillants que les parties intérieures. Cette queue avait donc l'apparence d'une enveloppe lumineuse creuse intérieurement. Le noyau était toujours très-net.

Le 1er juillet, la forme générale de la comète était restée la même; elle paraissait toujours terminée à l'extérieur par un arc de parabole. Toutefois le point

lumineux faisait saillie dans l'intérieur de la seconde parabole, et il n'y avait plus de symétrie complète entre les deux côtés de la queue. Le côté ouest était très-sensiblement plus lumineux que l'autre.

A partir du 5 juillet, la dissymétrie de la comète s'accentua de plus en plus et, vers la tête, la décroissance de la lumière devint moins régulière.

Le 7 juillet, la dissymétrie était frappante, la partie ouest de la queue étant environ deux fois plus brillante que la portion est. En même temps le noyau devint diffus et s'estompa du côté de la tête de la comète, tandis qu'il restait encore net vers la queue ; il ressemblait à un éventail ouvert.

Du 7 au 13 juillet, les conditions atmosphériques n'ont pas été favorables à l'observation, mais il n'est survenu dans la comète aucun changement notable ; car, le 13, elle s'est retrouvée avec la même forme un peu plus accentuée. Toutefois l'éventail de lumière formé aux dépens du noyau avait pris une importance plus grande et s'inclinait, d'une manière très-marquée, vers la partie ouest de la chevelure. Au moment de l'observation, vers 10 heures du soir, la partie nord du ciel était légèrement brumeuse, et la comète déjà bien près de l'horizon ; quant à la queue, elle se prolongeait jusque vers o de la Grande Ourse, ayant ainsi une longueur apparente de 15 degrés environ.

Enfin, le 14, elle se signale par d'importants changements dans l'aspect de la tête. L'éventail de lumière est tout à fait rejeté à l'ouest, et se prolonge en une longue traînée dont on ne perd la trace que bien loin dans la chevelure ; vers l'ouest, l'éventail se termine

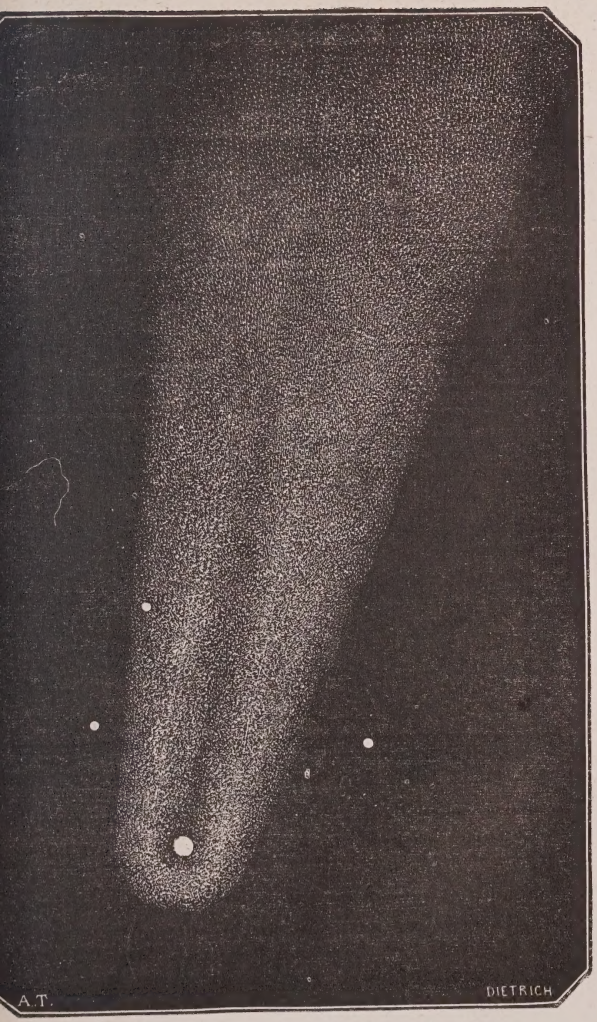


Fig. 39. — La comète Coggia, le 6 juillet 1874.

brusquement et la ligne de terminaison ne fait qu'un petit angle avec l'axe de figure de la comète. En même temps on distingue deux panaches, jetés en avant l'un à droite, l'autre à gauche : ces panaches lumineux semblent naître du bord de l'éventail, dont ils forment comme le prolongement. Le panache dirigé vers l'est se projette bien en avant et atteint bientôt, pour se recourber ensuite vers la queue, la partie antérieure de la comète ; il est faible et tranche peu sur la nébulosité. Le panache dirigé vers l'ouest est beaucoup plus brillant et se recourbe immédiatement vers la queue, dont il contribue à dessiner le bord extérieur et brillant.

Ces apparences successives de la tête de la comète Coggia rappellent en plusieurs points la physionomie de la comète de 1861. D'après les dessins du P. Secchi, on voyait dans cette dernière un noyau fort brillant, se prolongeant vers le Soleil en un éventail lumineux ; elle présentait aussi, vers l'intérieur, une chute de lumière formant un arc de parabole. La comète de 1858 offrait aussi des phénomènes de même espèce. Ces apparences, et particulièrement les deux panaches observés le 14 juillet, vus aussi en Angleterre, le même jour, par M. Newall, rappellent les courbes théoriques calculées et dessinées par M. Roche dans son beau Mémoire sur l'atmosphère des comètes, et semblent ainsi légitimer les hypothèses sur lesquelles il a fondé sa théorie.

La comète Coggia est arrivée à son périhélie le 22 juillet ; à partir de ce moment, elle s'est éloignée du Soleil aussi bien que de nous. Elle a été visible en plein

jour, mais seulement pour les astronomes qui, armés de lunettes d'un fort pouvoir grossissant, les braquaient vers le point du ciel où elle se trouvait. La veille elle a traversé l'écliptique en son nœud descendant. Elle est, par conséquent, entrée le 21 juillet dans l'hémisphère austral. Si son passage au périhélie avait été retardé d'un jour seulement, nous l'aurions vue se projeter sur le Soleil; mais il est probable qu'elle n'y aurait pas produit de taches, puisque Olbers n'en a pas aperçu lorsqu'il a vu la comète de 1819 dans cette position.

La queue était dirigée vers nous le 21 juillet; mais elle ne pouvait nous atteindre, de sorte que, fût-elle une simple nappe de gaz, aucun des éléments qui la composent n'aurait pu se mélanger à notre atmosphère.

M. Lockyer s'est rendu à Gateshead, près de Newcastle, pour faire des observations sur la comète, à l'aide de l'admirable lunette de M. Newall, instrument sans rival en Europe [1]. L'aspect général était celui d'une boule de gaz allongée dans le sens du mouvement, sur laquelle l'image du Soleil viendrait se peindre très-vivement par réfraction. Cette image était à peu près pareille à celle que l'on aperçoit sur les sphères argentées qui ornent nos jardins. L'analyse au spectroscope n'a donné aucun résultat net à cause de la complication extrême des bandes spectrales. M. Lockyer croit à un mélange de gaz et non point à une boule d'hydrogène

[1] *Voir* la description de cette lunette, la plus puissante de l'Europe, dans notre nouvel Ouvrage les *Terres du Ciel*, Paris, 1876.

carboné, comme certains observateurs sont disposés à l'admettre.

Une remarque importante a été faite. La comète n'a pas donné d'impression photogénique à la photographie, quoique l'étoile la moins brillante de la Grande Ourse se soit peinte nettement après une exposition de quelques minutes seulement. Elle n'était pas plus riche en rayons chimiques qu'en rayons calorifiques.

La comète de 1843 qui, au lieu d'avoir une lumière pâle comme la comète de 1874, était assez lumineuse pour être visible en plein jour, a été prouvée par les expériences d'Arago être sans chaleur sensible, car elle n'avait aucune action sur l'aiguille d'une pile thermo-électrique, que la chaleur d'une simple chandelle dérangeait de plusieurs degrés, à quelques mètres de distance.

Chaque fois qu'une comète se montre en été, le public incompétent a une tendance invincible à lui attribuer les effets de chaleur extraordinaire que l'on constate lors de la canicule. Les idées que la comète de 1811 a suggérées se sont renouvelées maintes fois. C'est ainsi que la comète de 1819 fut considérée comme responsable de nombreux orages qui se déchaînèrent alors. Elle parut au mois de juillet et cessa d'être visible en septembre. C'est sur cet astre que M. Cacciatore crut reconnaître des phases analogues à celles de Vénus. Mais Olbers, pensant avoir démontré qu'elle devait avoir passé entre la Terre et le Soleil, crut devoir affirmer qu'elle n'y avait pas été visible et que, par conséquent, elle était tout à fait diaphane.

Les observations spectroscopiques semblent avoir

démontré que la queue de la comète Coggia est formée de couches stratifiées de particules solides. Le noyau paraît aussi entouré de plusieurs couches concentriques de matière cométaire. Déjà la comète Donati avait présenté de larges bandes parallèles. Occupé depuis plusieurs années des vibrations communiquées aux fluides en général, un ingénieux observateur, M. Bar-

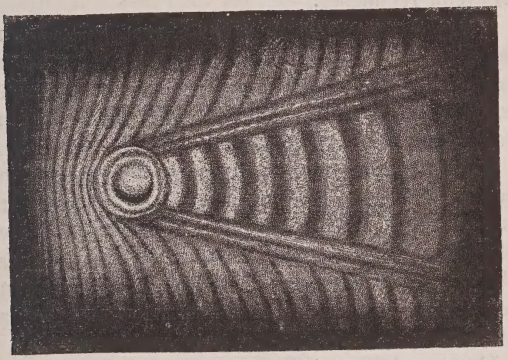


Fig. 40. — Stratification de la queue de la comète.

thélemy, a été frappé de l'analogie de ces résultats avec ceux que présente un corps pulvérulent qui se meut dans un milieu en repos, ou, ce qui revient au même, qui est immobile dans un milieu en mouvement. Il a fait à ce sujet les expériences et les observations suivantes :

1° Quand on fait mouvoir un corps sphérique à la surface d'un liquide en repos ou qu'on le tient immobile dans un courant d'eau, le liquide présente, en

avant du corps, des plissements concentriques; en même temps il se forme, en arrière, des arcs d'ondes tangentes au corps à sa partie antérieure. Ces arcs sont limités latéralement par des ondes rectilignes dans le sens du mouvement. La distance des plissements intérieurs va en augmentant à mesure qu'ils s'éloignent du corps, en même temps qu'ils tendent à s'effacer et à devenir rectilignes.

Si l'on opère dans une cuve fortement éclairée par le soleil, on peut voir, au fond de la cuve ou par projection, une belle image du phénomène, surtout si l'eau contient de l'esculine ou du sulfate de quinine. La largeur des raies paraît augmenter avec la vitesse.

2° En prenant une boule formée d'une substance pulvérulente, telle que du blanc d'Espagne très-tendre ou du bleu de Prusse, on voit les particules solides détachées s'accumuler surtout aux parties en relief des plissements, où les poussent les composantes du mouvement des particules liquides, et l'image projetée paraît plus opaque le long de ces lignes.

L'auteur attribue à l'influence d'un milieu résistant (dont l'existence est plus que jamais hypothétique, il faut l'avouer) une influence retardatrice sur le mouvement des comètes, ainsi que les phénomènes observés dans la formation de la queue et dans la disposition en couches de la substance qui la compose.

Mais on peut objecter que, si la queue des comètes présente des traces de stratification, ce n'est pas à la résistance du milieu éthéré qu'il faut l'attribuer, car l'existence de ce milieu n'est prouvée en aucune façon, attendu que le seul indice qui s'en était

offert, le retard de la comète d'Encke, n'existe plus depuis que l'analyse plus précise du mouvement de cette comète a justifié ce retard par les perturbations.

Le Dr Heis, de Munster, a fait, pendant le mois de juillet, une série d'observations intéressantes et de dessins sur la figure et la position de la queue de la comète. Ces observations ont toutes été faites à l'œil nu; seulement il s'est aidé, pour les parties les plus faibles de la queue, d'un grand cylindre de carton noirci à l'intérieur. A partir du 16, lorsque la tête était déjà descendue au-dessous de l'horizon, il a dû éviter l'illumination de l'atmosphère produite par l'éclairage au gaz, et aller faire ses observations hors de la ville.

La longueur de la queue a varié comme il suit :

Juillet	4.....	6°	Juillet	14.....	24°
	5.....	7		15.....	38
	6.....	8		16.....	47
	8.....	9		17.....	63
	9-10...	10		18.....	70
	11.....	11		19.....	56
	12.....	13		20.....	50
	13.....	15			

Afin de déterminer la direction de la queue, M. Heis a marqué sur une carte les positions du Soleil de minuit en minuit, et, comme il s'est servi d'une projection gnomonique ou centrale, sur laquelle les grands cercles sont représentés par des droites, il suffit de tirer une ligne droite par le Soleil et la tête de la comète pour avoir la projection du rayon vecteur. Il est donc bien aisé de comparer cette direction avec celle de la queue, jour par jour : on y constate que, dans les derniers

jours principalement, ces deux directions s'écartent beaucoup l'une de l'autre.

M. Faye, en présentant cette curieuse projection à l'Académie, a fait remarquer que, dans les premiers jours de juillet, la queue était à peu près dirigée sur le prolongement du rayon vecteur, ou du moins ne faisait avec lui qu'un très-petit angle aigu, mais que, de jour en jour, cet angle a été en augmentant très-rapidement, surtout vers le 19 juillet, à tel point que, le 20, tout d'un coup, pour ainsi dire, cet angle est devenu très-obtus. Ce jour-là la queue semblait plutôt dirigée du côté du Soleil que du côté opposé. Cette incroyable variation dudit angle, si facile à suivre de jour en jour sur la carte de M. Heis, est un fait nouveau. « Mais, malgré les apparences, dit M. Faye, il ne constitue pas une dérogation à la loi théorique suivant laquelle la direction de la queue, simple ou multiple, doit être, à l'origine, diamétralement opposée au Soleil, ou du moins ne faire qu'un petit angle avec le rayon vecteur; il montre seulement que la Terre, vers le 20 juillet, a dû se trouver, non pas précisément dans l'espèce d'angle formé par la queue recourbée en arrière et le prolongement du rayon vecteur, mais très-près d'une telle position. »

Si la queue a toujours paru mince et presque droite pendant le mois de juillet, c'est qu'elle a toujours été vue presque par la tranche et non par le plat, comme celle de la comète de Donati. La théorie montre, en effet, contrairement à ce qu'on pensait du temps d'Arago et à ce qu'enseignent les Traités d'Astronomie, que les queues des comètes sont *plates*, et non pas en

forme de cônes, et qu'elles développent leur courbure en s'étalant dans le plan de leur orbite. Lorsque la Terre est très-voisine de ce plan, cette courbure disparaît totalement dans la perspective qui se peint pour nous sur la voûte céleste ; alors la queue *paraît* sensiblement droite et d'une largeur à peu près uniforme ou très-peu croissante depuis la tête jusqu'à l'extrémité.

Pendant la période de visibilité de cette intéressante comète, un grand nombre de calculateurs ont cherché les éléments de son orbite, en prenant pour base trois observations aussi précises que possible et les plus écartées possible l'une de l'autre. Voici les principales orbites calculées. Elles sont toutes elliptiques, et non paraboliques, comme on l'avait cru d'abord. Le mouvement est direct.

Tietjen.

$\tau = 1874$; juill. 8,48045

$\omega = 152^{\circ}.24'.16''$
$\Omega = 118.31.29$
$i = 66.30.11$
$\log q = 9,828881$

Schulhof.

$\tau = 1874$; juill. 8,86010

$\pi = 271^{\circ}.21'.59''$
$\Omega = 118.49.2$
$i = 65.47.39$
$\varphi = 77.1.42$
$\log a = 1,424690$
$\log q = 9,831544$

Holetschek.

$\tau = 1874$; juillet 8,77024

$\omega = 152^{\circ}.19'.7''$
$\Omega = 118.39.56$
$i = 66.16.12$
$\log q = 9,829956$

Geelmuyden.

$\tau = 1874$; juill. 8,86606

$\pi = 271^{\circ}.7'.17''$
$\Omega = 118.44.37$
$i = 66.21.17$
$\log e = 9,9993854$
$\log a = 2,6792644$
$\log q = 9.8297742$

Ces diverses orbites s'accordent pour évaluer la période de révolution de cette comète à une durée respectable de 9000 à 10000 ans.

La comète Coggia a été observée en Australie, à Melbourne et à Sydney, jusqu'à la fin de la première semaine du mois d'octobre. Si l'on compare l'observation de Melbourne, faite le 6 de ce mois, avec la position donnée pour les éléments elliptiques par le professeur Tietjen, on trouve que la différence entre l'observation et le calcul est inférieure à une minute d'arc et, d'autre part, les observations faites en Europe jusqu'au milieu du mois de juillet sont très-exactement représentées par ces éléments. Depuis le 17 avril, jour de la découverte, jusqu'au 6 octobre, la comète a parcouru un arc de 205 degrés d'anomalie vraie, et l'accord avec l'orbite calculée montre que cette comète, qui attirait l'attention générale, se mouvait réellement sur une ellipse de très-longue période. La durée de révolution de l'ellipse de M. Tietjen est évaluée à 9000 ans; mais cet élément pourrait être grandement modifié sans qu'il y eût de très-fortes différences entre l'observation et le calcul. Lorsque cette comète aura été l'objet d'une investigation complète, comparable à celle que le Dr Asten a consacrée à la grande comète Donati de 1858, on pourra tracer des limites plus précises à cette durée de révolution; mais il est probable qu'elle restera toujours extrêmement longue.

Cette belle comète a été l'objet d'analyses spectrales nombreuses et fort intéressantes.

M. Huggins, auquel on doit les principaux progrès

accomplis dans l'analyse spectrale des comètes, a examiné celle-ci avec tous les soins possibles et a bien voulu nous envoyer les résultats de ses observations. Nous nous faisons un devoir de les résumer ici.

Trois spectres doivent être distingués dans la lumière de la comète :

1° Le spectre des bandes brillantes ;

2° Le spectre continu du noyau ;

3° Le spectre continu qui accompagne le spectre gazeux dans la chevelure et qui représente presque entièrement la lumière de la queue.

Dans le premier de ces spectres, trois bandes brillantes se montraient dans la même position et avec le même aspect que celles qui caractérisaient le spectre de la comète II, 1868. Dans cette comète-ci, il est vrai, ces bandes n'ont pu être résolues en lignes, mais dans celle de 1874 on a pu y parvenir. Cette division en lignes a été très-visible, surtout à la limite de la chevelure, où le spectre continu était très-faible.

Ces lignes correspondaient à celles du gaz oléfiant. M. Huggins voit donc en elles le spectre du carbone. En examinant attentivement leur position, il constata qu'elles étaient déplacées dans le sens du rapprochement de la Terre, et que ce déplacement indiquait une vitesse vers la Terre d'environ 40 milles par seconde — vitesse presque double de celle du mouvement réel de la comète (en tenant compte de la translation de la Terre qui, du reste, ne nous rapprochait alors de la comète que dans la proportion d'un mille par seconde). La vitesse orbitale de la comète la rapprochait de 24 milles. Il reste donc une quantité de

mouvement inexpliquée, si l'observation est suffisante pour s'arrêter à cette différence.

Quant à décider si les bandes brillantes étaient produites par de la vapeur contenant du carbone sous quelque forme, il n'est pas sans importance de remarquer que la ligne brillante située près de C, qui accompagne les trois bandes dans le spectre du carbone et de ses composés, était absente dans le spectre de la comète. L'absence de cette ligne ou son extrême faiblesse peut, dit l'observateur anglais, être expliquée par la faible température de la matière cométaire.

Dans le spectre continu du noyau, l'auteur n'a pu trouver aucune ligne sombre ni aucune ligne brillante autre que les trois bandes brillantes signalées plus haut.

Les rayons violets paraissaient absents du spectre de la comète.

Au télescope, le noyau produisait tout à fait l'impression d'un corps enflammé. Le 6 juillet son diamètre était de 1″8; le 13, il atteignait 3 secondes; le 15, il paraissait allongé vers l'est avec un angle de 40 degrés avec l'axe de la comète. Sa couleur resta orangée, et celle de la chevelure verdâtre.

Le spectre continu qui accompagnait le spectre gazeux a été vu sur tous les points de la chevelure, très-faible vers les bords, où les bandes brillantes étaient, au contraire, plus marquées.

Le plus grand éclat de certaines parties des enveloppes et de la chevelure paraissait dû principalement à la présence d'une plus grande quantité de la matière qui produisait le spectre continu.

La lumière polarisée a été reconnue sur tous les points de la comète; elle paraissait former environ un cinquième de la lumière totale. Il semble qu'elle était en plus grande proportion dans la queue, surtout au loin.

On peut attribuer pour une large part le spectre continu à la lumière solaire réfléchie. A quelle source doit-on attribuer le reste? Est-ce à la réflexion venant de particules trop grandes relativement aux longueurs d'onde de la lumière pour qu'il y ait polarisation? ou bien serait-ce à des particules solides incandescentes? On ne peut guère supposer, par suite du spectre à bandes, du gaz assez dense pour donner un spectre continu. D'autre part, une chaleur suffisante pour maintenir le noyau à l'état d'incandescence ne paraît pas pouvoir être attribuée à la radiation solaire seule. Y a-t-il là quelque opération chimique? La lumière de la comète serait-elle due à de l'électricité excitée sous quelque forme par l'effet de la radiation solaire sur la matière cométaire? Y a-t-il aussi là un mouvement moléculaire et calorifique? Ce sont là autant de questions que nous pouvons poser, mais non encore résoudre.

Pendant que M. Huggins faisait en Angleterre l'analyse chimique de la comète, le P. Secchi la faisait à Rome, M. Rayet à Paris, M. Vogel en Allemagne, etc. Dès le 19 mai, l'astronome romain écrivait :

« La saison a été très-contraire aux observations de la comète découverte par Winnecke et Tempel dans le mois passé : je n'ai eu qu'une matinée pour faire une observation spectrale passable. Le matin du

20 avril, la lumière de la comète était assez belle ; elle présentait un noyau nébuleux environné d'un éventail de nébulosité irrégulière. Le spectroscope simple appliqué à la grande lunette de Merz montra des traces de bandes ; mais, la diffusion de l'objet ne permettant pas l'usage de cet instrument, on appliqua le spectroscope composé, en se servant toutefois de la lunette, car la faiblesse était telle qu'on n'apercevait rien de bien sûr.

» Alors, ayant ôté la lunette et regardant à l'œil simple, le spectre parut très-nettement formé de trois bandes très-bien séparées : une dans le vert bleu, une autre dans le vert, et la troisième dans le jaune vert. La première était la plus vive et la plus étendue ; les deux autres, et surtout celle du milieu, étaient plus faibles.

» A première vue, j'ai jugé que ces bandes se trouvaient à la place des bandes des autres comètes, mais je n'ai pu prendre de mesures rigoureuses. Il était à espérer que la comète de Coggia se prêterait mieux à ces observations, qui présentent un grand intérêt pour la théorie de ces astres.

» En effet, le 16 et le 17 courant, au soir, j'ai profité des premiers jours de beau temps pour observer cette comète. Le voisinage d'une étoile plongée dans la nébulosité, le 16, ne permit aucune observation assez sûre. Le jour suivant, assisté par le P. Ferrari, j'ai pu constater que le spectre était vraiment à bandes ; deux surtout étaient très-vives dans le vert et le vert jaune. Ayant éclairé le tube de la lunette devant la fente avec la lumière diffuse de différents gaz, les

groupes les plus brillants étaient dans le vert (longueur d'onde, de 516 à 506, bande Cγ de M. Salet), et l'autre dans le vert jaune (longueur d'onde, de 563 à 554, bande Cβ).

» Il est très-remarquable que toutes les comètes observées jusqu'ici ont présenté les bandes du carbone.

» Dans une de mes Communications précédentes, j'ai constaté, par des expériences directes, que la raie de la Couronne solaire 1474 n'appartient pas au fer. Dernièrement, j'ai eu une confirmation de ce fait; car le matin du 6 mars, vers $9^h\ 10^m$, en observant une magnifique éruption, j'ai vu, renversée dans toute la largeur du spectre, la raie 1474, pendant que les deux du fer qui lui sont voisines n'étaient renversées que dans un espace très-petit et d'une manière à peine perceptible pour un œil exercé. Si ces trois raies provenaient toutes du fer, elles auraient dû être renversées. »

Le 22 juin, le même astronome ajoutait :

« Nous avons constaté, le 18 et le 19, que le spectre à bandes du carbone se développe considérablement, la bande verte restant toujours la plus vive, tandis que, dans la comète de Tempel, la plus vive était la jaune. Cela prouverait que les combinaisons des gaz ne sont pas rigoureusement les mêmes pour toutes les comètes.

» Au commencement du mois, on n'avait que le spectre à bandes; maintenant il y a une ligne générale qui réunit les bandes correspondant au noyau, de manière à présenter un spectre continu. L'intensité n'est pas encore suffisante pour permettre, avec nos instruments, de séparer les raies en bandes. La forme du spectre est à peu près celle de la figure suivante.

» Il est remarquable que les bandes de la comète sont plus estompées et plus diffuses que les bandes de l'oxyde de carbone : elles rappellent celles que présente l'image de l'arc électrique dans l'intervalle entre les charbons, lorsqu'on le projette par la fente, ou le spectre obtenu par l'étincelle électrique, dans la vapeur de benzine. »

Au milieu du mois de juillet, lorsque la comète allait nous quitter, on continua de l'étudier en Italie.

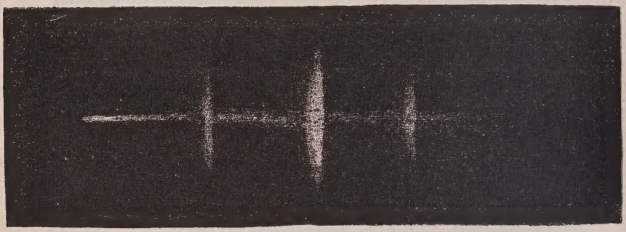


Fig. 41. — Spectre de la comète Coggia.

La polarisation de la lumière était très-sensible. On l'examina 1° avec un biquartz qui donnait très-nettement le champ rouge et vert ; le noyau lui-même était de deux couleurs lorsque la ligne de jonction le divisait en deux ; 2° avec le polariscope à bandes de Savart : les bandes étaient plus sensibles lorsqu'elles étaient perpendiculaires à la queue ; lorsqu'elles étaient parallèles, elles se confondaient avec les irrégularités des traînées de la queue elle-même ; 3° avec le prisme de Nicol seul, on distinguait parfaitement la différence d'intensité dans les deux positions normales : cet in-

strument donnait un plan de polarisation longitudinal et passait par l'axe de la queue.

Dans la grande comète de 1862, le P. Secchi avait déjà observé une polarisation très-sensible; on l'avait mise en doute : cette fois, le doute est impossible; M. Tacchini, de Palerme, l'a également vérifiée.

Lorsqu'on employait le biquartz, dans le demi-champ

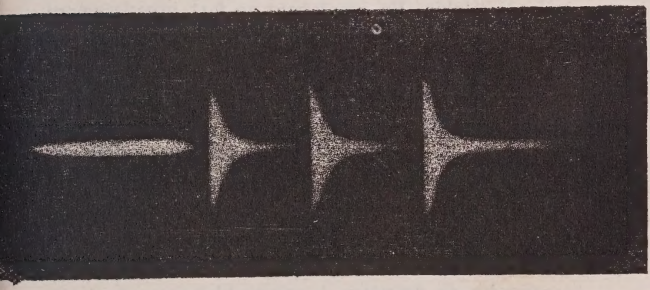


Fig. 42. — Spectre de la comète Coggia.

rouge, la lumière devenait très-faible; elle restait au contraire très-belle dans le demi-champ vert, ce qui se comprend facilement, la comète étant de couleur verte.

Dans les derniers jours, on a obtenu un spectre linéaire du noyau, s'étendant du rouge au bleu, sensiblement continu; mais, en l'examinant avec soin, on apercevait de légères interruptions ou bandes, très-difficiles à fixer. Ces interruptions étaient plus sensibles près des bandes du second spectre super-

posé à ce spectre continu ; ce second spectre était formé des trois bandes ; leur largeur était assez considérable. Notre *fig.* 42 montre comment ces deux spectres se superposaient. En observant au prisme de Nicol le spectre ainsi composé, on voyait la partie continue s'affaiblir considérablement, tandis que les bandes conservaient leur vivacité. Cette remarque est en faveur de la théorie qui attribue le spectre continu à la lumière réfléchie. En employant un fort grossissement dans le spectroscope, le spectre était réduit aux trois bandes.

Observée aux oculaires ordinaires, la comète était magnifique. Le 9 juillet, elle formait un éventail rougeâtre (par contraste) d'environ 180 degrés d'ouverture, à rayons curvilignes et partant d'un noyau jaune verdâtre. En poussant le grossissement jusqu'à 1000 fois, on voyait le noyau surmonté seulement de très-faibles panaches et réduit à une petite sphère diffuse, de 2 secondes de diamètre à peine. L'absence de toute limite tranchée, et l'effet produit par les forts grossissements prouvent que ce noyau ne contenait pas de corps solide. Les mêmes grossissements montrent, en effet, les satellites de Jupiter avec un disque nettement tranché.

Sur l'invitation de M. Hind, on a cherché en Italie la comète pendant le jour, mais sans succès. « Il paraît peu probable, remarquait le P. Secchi, qu'on puisse la voir dans ces conditions, car Jupiter, qui est bien plus brillant, n'est pas lui-même visible. » (Nous avons vu plus haut qu'elle a été aperçue en Australie.)

Ayant comparé les positions des bandes brillantes du spectre cométaire avec celles des spectres de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique, le P. Secchi les trouva correspondantes; mais, en employant les hydrocarbures, aucune raie hydrogénique ne parut coïncider avec celle de la comète. Ces résultats prouvent qu'il n'est point encore certain qu'il y ait là précisément ce qu'on y croit voir. Une lettre adressée de Moscou aux Spectroscopistes italiens, par le professeur Bredichin, annonce à ce propos que ce savant a comparé les positions des bandes du spectre de la comète avec celles du carbure d'hydrogène d'un tube de Geissler, et que dans les limites des erreurs des observations (il en a fait plus de dix) les bandes de la comète coïncident avec les bandes de l'hydrocarbure, dont les longueurs d'onde sont 563,3; 516,4; 474,2; à l'échelle d'Angström. Oui, sans doute, *dans les limites* des erreurs d'observation; or ces limites sont ici très-larges.

A Palerme, M. Tacchini a fait aussi, sur le spectre de la comète et sur la polarisation de sa lumière, des observations fort intéressantes. Les raies brillantes observées furent au nombre de quatre qui, reportées sur un spectre solaire, correspondaient aux positions suivantes de l'échelle d'Angström: 677, 562, 511 et 480. Les positions de ces raies ne peuvent être considérées comme rigoureusement exactes, à cause du moyen qui servit à les obtenir; mais les trois dernières lui ont paru correspondre au spectre du carbone. Celle du rouge était moins distincte que les autres, parce que, dans cette partie, le rouge était

très-vif et diffus; cette raie se vit bien seulement dans les premières soirées, c'est-à-dire dans les derniers jours de juin et les premiers jours de juillet. Les trois autres lignes n'étaient pas d'égale longueur, et la plus étendue était la 562; la 511 était la plus vive de toutes et paraissait quasi blanche, ainsi qu'il arrive aux raies du magnésium après les éruptions (solaires). Le spectre continu du noyau de la comète se projetait comme sur un fond formé d'un spectre solaire plus intense, où le rouge, ainsi qu'il vient d'être dit, était plus dilaté. Ce beau ruban coloré ne se voyait qu'au passage du noyau, lequel, vu simplement à l'oculaire, paraissait d'un blanc verdâtre, tandis que l'éventail était sensiblement rosé, même en occultant le noyau.

Dans la vive lumière solaire que réfléchissait le noyau, devaient se montrer des traces de polarisation; pour es vérifier, M. Pisati, professeur de Physique, dirigea un polariscope sur la comète. Ayant appliqué un biquartz à la lunette, il trouva ces traces de polarisation, mais faibles; à l'aide d'un prisme de Nicol, la lumière parut fortement polarisée, et le plus grand affaiblissement de lumière fut trouvé quand la section principale du Nicol coïncidait avec la direction de la queue, d'où il suit que la lumière était polarisée dans un plan passant par le Soleil. L'expérience fut répétée aussi sur la partie la plus vive de la queue et donna le même résultat. Vers le milieu, la lumière était si faible qu'on ne pouvait rien conclure de certain; mais il semble probable que la réflexion avait lieu sur toute la longueur de la queue [1].

[1] *Memorie della Società degli Spettroscopisti italiani.* Luglio 1874.

Ces conclusions, très-décisives, comme on le voit, de la polarisation de la lumière dans la comète de Coggia, ont été confirmées, d'un autre côté, par des observations faites à Yale-College (États-Unis) par M. Wright, et d'où il résulte « qu'une portion considérable de la lumière de la comète dérive du Soleil par voie de réflexion ».

D'un autre côté, les *Astronomische Nachrichten* ont publié (n° 2018) un long article détaillant les observations spectroscopiques faites sur les comètes de Winnecke et de Coggia. Les observations de la comète de Winnecke, faites le 7 et le 10 mai 1874, ont montré que son spectre consistait en trois bandes brillantes, celle du milieu étant la plus lumineuse, et nettement limitée vers l'extrémité rouge du spectre. La partie la plus brillante de cette bande paraissait un peu plus réfrangible que la ligne b_4, tandis que le commencement de la bande coïncidait avec cette ligne. La partie centrale de la comète présentait plusieurs points brillants semblables à des étoiles de 12e à 14e grandeur, et donnait un faible spectre continu.

Le 6 mai, la comète de Coggia offrait un spectre composé de trois bandes : la centrale était très-brillante près de la ligne b; la moins brillante était celle du bleu. Le noyau et les parties environnantes ont donné un spectre continu, s'étendant depuis la longueur d'onde 590 jusqu'à 440.

Le 18, la ligne médiane paraissait nettement terminée du côté du rouge, et se fondait insensiblement du côté du bleu. La longueur d'onde de la première limite a été estimée à 515. Les autres bandes n'étaient

pas si nettement terminées du côté du rouge que la bande centrale ; l'éclat relatif des trois peut être désigné par les chiffres : jaune = 2, vert = 4, et bleu = 1. Les bandes étaient renforcées lorsqu'elles étaient croisées par le spectre continu du noyau. Aucune autre bande n'était visible. Les positions du commencement des bandes ont été, d'après la moyenne des observations : 1re = 562,5 ; 2e = 515,1 ; et 3e = 471,5. On a remarqué une variation dans leur éclat comparatif, ainsi que des traces d'absorption.

M. Rayet, astronome de l'Observatoire de Paris, avait de son côté présenté à l'Académie des Sciences les observations que nous allons résumer.

Depuis que les astronomes disposent du spectroscope pour leurs études de physique céleste, aucune comète brillante, visible à l'œil nu, ne s'est montrée dans la partie du ciel que nous pouvons explorer ; et cependant les problèmes qu'un astre semblable permettrait d'élucider sont nombreux. Signalons seulement la mesure précise et rigoureuse de la longueur d'onde des trois bandes lumineuses de leur spectre et la détermination de l'espèce chimique du corps auquel elles répondent.

Toutes les comètes qui, d'après leur marche, s'annoncent comme devant être visibles à l'œil nu sont donc intéressantes à étudier, et à étudier depuis leur apparition, dans l'espérance de quelque transformation dans leur spectre.

Le 19 mai, M. Rayet a pu faire, avec M. Wolf, une première observation spectroscopique de la comète Coggia. Elle avait près de 3 minutes de diamètre,

et une queue commençait à se développer. La lumière, analysée par le prisme, donnait un spectre continu depuis l'orangé jusque vers le bleu (spectre du noyau solide), traversé par trois bandes brillantes (spectre de la nébulosité gazeuse); c'est le spectre bien connu des astres de cette espèce; mais il différait des spectres ordinaires par les dimensions et l'éclat relatif des diverses parties. Ainsi, tandis que le spectre continu du noyau est en général large et diffus, il était, pour la comète de Coggia, très-étroit. D'un autre côté, les bandes lumineuses transversales, au lieu de s'estomper vers le côté le plus réfrangible, se terminaient, vers le rouge et vers le violet, par des lignes droites assez nettes, surtout pour la bande médiane la plus longue et la plus lumineuse.

Le 5 juin, la comète a paru formée d'un noyau rond très-brillant (son éclat égalait celui d'une étoile de 8e grandeur à peu près) et dont les contours tranchaient, avec une netteté remarquable, sur la nébulosité environnante; la position de ce noyau s'observait avec la même exactitude que celle d'une étoile Autour de ce point s'étendait une nébulosité circulaire d'environ 4 minutes de diamètre et dont l'éclat décroissait progressivement du centre à la circonférence. Cette nébulosité se prolongeait, du côté opposé au Soleil, en une queue dont on suivait le développement jusqu'à près de 8 minutes du noyau.

La lumière de l'astre était assez intense pour fournir un spectre bien visible.

Le spectre continu, correspondant au noyau, était remarquablement étroit, presque aussi étroit que

celui d'une étoile vue dans le même instrument ; il rappelait le spectre d'une étoile de 6e grandeur, mais sans coloration vers les extrémités. Le spectre s'étendait, de part et d'autre, au delà des trois bandes lumineuses.

Le spectre à bandes brillantes était composé de trois lignes qui, par leur réfrangibilité, répondaient au jaune, au vert et au bleu. La bande centrale était longue, très-lumineuse, et se terminait, vers le rouge et vers le violet, par des lignes droites tranchées ; elle n'avait donc rien conservé de cette apparence dégradée vers le violet que l'on rencontre dans le spectre des comètes télescopiques ordinaires. Les bandes du jaune et du bleu offraient un éclat environ moitié de celui de la précédente ; elles étaient un peu diffuses vers les bords et se rapprochaient du type ordinaire.

Si, au lieu de porter la fente du spectroscope sur l'image focale du noyau, de manière à obtenir tout à la fois le spectre du noyau et celui de la nébulosité qui l'entoure, on plaçait la fente de manière à couper l'image de la queue, on obtenait un spectre qui offrait les trois bandes brillantes, déjà décrites, sans trace de spectre continu et séparées les unes des autres par des intervalles obscurs. Dans la queue, il n'y avait donc point de matière solide incandescente en quantité sensible.

Ces résultats de l'analyse spectrale de la comète de Coggia, ajoutés à ceux des comètes précédentes, sont importants par les conséquences qu'il est permis d'en tirer sur la constitution physique et chimique de quelques-unes d'entre elles.

Il y a d'abord un fait commun à toutes les comètes dont la lumière a été analysée. Ce fait, c'est que leur spectre consiste principalement en un certain nombre de bandes lumineuses brillantes, séparées par d'assez larges intervalles obscurs. Le spectre continu, d'ailleurs très-faible, sur lequel se projettent ces bandes, n'existe ou du moins n'est visible que pour quelques-unes d'entre elles ; les comètes dont le noyau était très-faible, comme celui de la comète d'Encke, ou n'était pas encore assez lumineux, n'ont pas donné de spectre continu. M. Guillemin, dans son beau livre sur *les Comètes,* conclut avec raison de ces expériences que les bandes brillantes sont produites par la lumière des atmosphères ou des chevelures cométaires.

Ainsi les comètes à noyau, dont la lumière a pu être analysée par le prisme, seraient ainsi constituées :

Au centre de la nébulosité un noyau donnant un spectre continu. Cela indique-t-il nécessairement une matière liquide ou solide incandescente? On pourrait l'affirmer si la continuité de ce spectre pouvait être regardée comme entière, mais sa faiblesse est telle qu'il est difficile de dire si la lumière dont il brille est une lumière propre due à l'incandescence de la matière qui compose le noyau, ou si elle est la lumière réfléchie du Soleil. Peut-être participe-t-elle de ces deux origines, surtout quand la comète, en approchant du périhélie, acquiert une température croissante : les observations de polarisation par réflexion prouvent en tout cas qu'une partie au moins de cette lumière vient du Soleil.

Quant à la lumière des atmosphères et des queues, le spectre à bande brillante dénote, dans la matière qui les forme, à la fois l'état gazeux et l'incandescence. L'identité, sous ce rapport, de la queue et de la chevelure dans la comète de Coggia montre bien que c'est la matière de l'atmosphère qui, sous une action répulsive, va former à l'opposé du Soleil l'appendice cométaire. Comme, d'autre part, les phénomènes des aigrettes émanées du noyau prouvent que les enveloppes atmosphériques se forment aux dépens de ce dernier, il semble bien difficile d'admettre l'incandescence pour l'atmosphère cométaire et pour les queues, si le noyau lui-même dont elles se forment incessamment ne jouit pas de cet état d'incandescence; donc il est probable que les noyaux cométaires, tout au moins dans le voisinage du périhélie, émettent, outre la lumière réfléchie du Soleil, de la lumière directe, émanée de leur propre substance.

Maintenant, est-il bien certain qu'on connaisse la nature chimique des comètes et qu'elles soient sûrement composées de carbone?

L'analyse spectrale n'a été appliquée jusqu'ici qu'à des comètes de faible lumière; néanmoins les observations ont étendu considérablement nos connaissances à l'égard de ces corps célestes. Les spectres de toutes les comètes examinées ont principalement consisté en une série de lignes brillantes ou bandes lumineuses, et en un spectre continu très-faible. Il en résulte que la principale partie de la lumière des comètes leur appartient en propre et provient probablement d'un gaz brûlant, tandis que la partie restante provient de la réflexion de la lumière solaire.

On peut signaler les comètes de Brorsen (I, 1868), de Winnecke (II, 1868), et de Coggia (1874) comme ayant été les plus brillantes de celles qui ont été examinées depuis les applications astronomiques de l'analyse spectrale. Le spectre de la première consistait en trois bandes brillantes dont M. Huggins chercha à déterminer la position avec le plus grand soin, mais qui ne purent être identifiées avec les lignes spectrales d'aucune substance terrestre. Le spectre de la comète de Winnecke, également examiné par M. Huggins, était quelque peu différent, mais consistait aussi en trois bandes brillantes ressortant sur le spectre continu, nettement définies du côté de l'extrémité rouge du spectre, mais diffuses de l'autre côté. La comparaison du spectre de la comète avec celui du gaz oléfiant montra une similitude frappante entre les deux, et le physicien anglais put fixer avec une sorte de certitude la coïncidence de trois bandes brillantes. L'idée que la substance de cette comète devait être un hydrocarbure fut généralement acceptée, et l'on ne tarda pas à la généraliser à toutes les comètes.

Cependant il serait intéressant d'examiner plus attentivement ces spectres, et de comparer les spectres des comètes Coggia, Henry et Winnecke avec ceux des gaz carbonés. C'est ce que nous allons faire dans le tableau suivant.

		Comète Coggia.	Comète Henry.	Comète II. 1868.	Benzine.	Gaz, partie bleue.	Pétrole, partie bleue.	
Première bande du spectre.	Commencement.	562,5	562,6	563,1	563,2	562,9	»	
	Partie la plus brillante.....	553,8	559	»	»	»	»	
	Fin.	541	541	538	»	537	»	
Deuxième bande.	Commencement.	515,1	517,1	517,2	516,4	516,1	515,5	lignes brillantes.
	Partie la plus brillante.....	511,8	516	»	»	512,5	512,1	lignes faibles.
	Fin.....	500	500	492	»	501	»	
Troisième bande.	Commencement.	471,6	472,7	471,4	474,2	473,8	473	
	Partie la plus brillante.....	468,9	466	»	471,2	»	472,5	lignes faibles.
	Fin.....	465	464	458	»	464	466,0	
						436,8	437,1	autres lignes.
						430,9	430,8	

Cette comparaison montre que le commencement des bandes de chaque comète correspond, mais que la position des parties les plus brillantes ne coïncide pas exactement.

Pour la comparaison avec les autres comètes, voici la position des lignes les plus brillantes des spectres observés :

	Comète I 1871.	Comète de Tuttle.	Comète d'Encke.	Comète de Coggia.
Première bande...	557	557	555	554
Deuxième bande..	511	513	512	512
Troisième bande..	»	472	473	469

On voit que la coïncidence n'est pas absolue. Mais poussons plus loin notre examen, et comparons sommairement avec M. Vogel les observations faites sur chaque comète depuis l'origine de l'analyse spectrale.

I. La première comète examinée par l'analyse spectrale est la comète I, 1864. Donati trouva que son spectre était formé de trois bandes brillantes, lesquelles, si l'on en juge d'après la figure publiée dans les *Astronomische Nachrichten,* n° 1488, ne coïncident pas avec celles du spectre du carbone.

II. Huggins et le P. Secchi observèrent ensuite la comète de Tempel (I, 1866) : sur son faible spectre continu, le P. Secchi remarqua trois lignes brillantes, et Huggins une seulement. La ligne vue par les deux observateurs était la plus brillante et située entre les lignes *b* et F du spectre solaire, n'offrant aucune coïncidence avec le spectre du carbone.

III. Dans la comète II, 1867, le spectre continu était relativement si intense que Huggins ne put découvrir de lignes brillantes qu'avec une grande difficulté. Une fois ou deux, dit-il, j'ai soupçonné la présence de deux ou trois lignes brillantes mais, sans pouvoir m'en assurer. L'observation prismatique de ce faible objet semble montrer en lui une certaine similitude avec la comète I, 1868. Ici donc encore il n'y avait pas de carbone.

IV. La comète de Brorsen, I, 1868, a été observée par Huggins et le P. Secchi. Tous les deux remarquèrent en elles trois bandes lumineuses, celle du milieu étant la plus brillante et traversant la région verte du spectre. En vérifiant la position des deux autres bandes, on put constater que ce spectre ne ressemblait ni à celui de l'azote, ni à celui du carbone.

V. La comète de Winnecke, II, 1868, fut aussi observée par ces deux astronomes, et, comme nous l'avons dit plus haut, le résultat des mesures a été que son spectre coïncide avec celui du carbone, ce qui a été vérifié même par la comparaison de ces lignes avec le groupe *b* du spectre solaire.

VI. La comète I, 1870, a été observée par Wolf et Rayet : son spectre était formé de trois lignes brillantes, dont la position toutefois, dit M. Vogel, n'a pas été déterminée d'une manière précise.

VII. La comète I, 1871, a été observée par Huggins en Angleterre et par Vogel en Allemagne; le premier y trouva trois bandes et le second deux seulement; le spectre apparut identique avec celui de la comète de Brorsen.

VIII. La comète III, 1871 (Encke), a été observée trois fois par Huggins, quatre fois par Young et six fois par Vogel ; elle présenta également trois bandes, qui, selon Huggins, coïncident avec le spectre du carbone, mais qui, selon Young et Vogel, ne coïncident pas.

IX. Comète IV, 1871 (Tuttle). M. Vogel, qui l'a examinée, lui trouva trois bandes qu'il mesura soigneusement et dans lesquelles il ne trouva aucune coïncidence avec le spectre du carbone.

X. Comète III, 1874 (Coggia). On vient de voir que son spectre présente trois bandes qui coïncident *à peu près* avec celles du carbone, mais ne sont pas encore sûrement identifiées.

XI. Comète d'Encke en 1875. Son spectre, observé par M. de Konkoly, est principalement composé de trois bandes qui, si l'on compare les deux mesures, ne coïncident qu'*à peu près* avec celles de l'hydrogène carboné.

Ainsi, sur toutes ces comètes, il n'y a que la seconde de 1868 qui ait présenté sûrement une coïncidence dans les lignes de son spectre avec celles du spectre du carbone volatilisé.

On peut donc encore douter que ces astres soient composés de cette substance. Tout ce que l'on peut affirmer actuellement, c'est qu'une portion de leur lumière leur est propre et provient probablement d'un gaz incandescent. Peut-être une comète plus brillante viendra-t-elle nous révéler définitivement les mystères de leur nature, quoiqu'il paraisse difficile de s'assurer d'une identité complète par la comparaison avec

l'étincelle électrique traversant un tube de Geissler, attendu que les comètes se trouvent dans des conditions de pression et de température que nous ne pouvons reproduire, et qui, comme on le sait, font considérablement varier la nature des spectres.

Le docteur Zenker a écrit (*Astronomische Nachrichten*, n°s 1890 à 1893) que non-seulement les comètes sont composées de vapeur de carbone, mais encore que la ligne brillante de l'azote a été reconnue par Huggins dans le spectre de la comète de Brorsen. Ces assertions ne sont pas exactes, comme nous venons de le voir. Quant à la ligne brillante située dans le vert, elle a *à peu près* la même position que la ligne brillante des nébuleuses, qui coïncide avec la double ligne de l'azote; dans le spectre cométaire, la bande est un peu déplacée vers l'extrémité rouge du spectre: ce déplacement ne peut être dû au mouvement de la comète dans l'espace, car ce mouvement ayant été alors dirigé vers la Terre, le déplacement aurait eu lieu du côté du violet. La raie de l'azote n'a pas été non plus affirmée dans le spectre de la comète I, 1866; car, tandis que l'observateur anglais n'avait remarqué qu'une ligne à peu près coïncidante, Secchi en a remarqué deux autres qui ne coïncidaient pas. Les mesures soigneuses dont la comète de Brorsen a été l'objet ont mis d'ailleurs hors de doute qu'il n'y a aucun rapport entre le spectre de l'azote et celui de cette comète.

On a dit aussi que les comètes renferment de la vapeur d'eau, et l'on s'est basé pour cette assertion sur leur couleur jaunâtre et sur l'observation que les rayons solaires prennent une teinte jaune et même

rouge lorsqu'ils traversent une grande épaisseur d'atmosphère imprégnée de vapeur aqueuse. Cette similitude n'est pas suffisante, attendu que, d'un côté, la lumière solaire prend une teinte analogue en traversant d'autres vapeurs, et que, d'un autre côté, la lumière propre des comètes est généralement plus intense que leur lumière réfléchie. En réalité, les comètes sont plutôt vertes, puisque leurs spectres consistent en deux ou trois lignes de lumière, dont une traverse le jaune, tandis que la seconde, qui est en même temps la plus brillante, traverse le vert et que la plus faible se trouve au commencement du bleu. On peut encore remarquer que, si les noyaux des comètes de 1811, de Halley, et de 1862 étaient jaunâtres, les queues offraient au contraire une teinte verdâtre.

Il était important de faire ces remarques à propos de l'Astronomie cométaire, attendu qu'on est toujours disposé à surfaire la valeur des perceptions de nos sens et que, lorsqu'une théorie commence à s'édifier, il importe de vérifier avant tout la solidité de la base.

Au moment où nous corrigeons ces épreuves, nous recevons par les *Astronomische Nachrichten* une Note de M. Bredichin, directeur de l'Observatoire de Moscou, relative à la mesure de la queue de la comète de Coggia, qui intéressera certainement nos lecteurs.

La question importante dans la théorie des phénomènes cométaires est de savoir si la queue se trouve dans le plan de l'orbite. Or les observations sur la comète 1874, III (Coggia), nous donnent le moyen de résoudre cette question positivement.

En effet, des observations de Jules Schmidt, faites le 20, le 21 et le 22 juillet 1874 (*Astr. Nachr.*, t. LXXXVII, p. 45, 46), on déduit aisément les angles de position du prolongement du rayon vecteur (p^o) et de l'axe de la queue (p) à diverses distances (s) du noyau. On a :

Juillet 20, $9^h 0$, T. M. d'Athènes.

$p^o =$	276°37′						
$p =$	27.55′	29°49′	30°29′	31°43′	32°29′	33°30′	33°56′
$s =$	21. 3	31. 9	40. 3	46. 9	52. 7	58. 0	63. 3

Juillet 21.

$p^o =$	212.21					
$p =$	25.40	34.51	34.47	35.21	35.57	35.44
$s =$	30. 6	40. 7	48. 7	55. 4	61. 4	65. 8

Juillet 22.

$p^o =$	201.26				
$p =$	40.20	39.54	39. 4	38.45	38. 8
$s =$	29. 9	40. 5	49. 8	57. 6	64. 6

Ce qui donne pour les dates respectives les différences des angles de position :

Juillet 20.

$p-p^o =$	111°.18′	113°.12′	113°.52′	115°.6′	115°.52′	116°.53′	117°.19′

Juillet 21.

$p-p^o =$	183.19	182.30	182.26	183.0	183.36	183.23

Juillet 22.

$p-p^o =$	198.54	198.28	197.38	197.19	196.42.

D'après ces données on voit immédiatement que, le 20 et le 22 juillet, la queue présentait une courbures ensible et que cette courbure était dirigée à ces deux dates dans les directions opposées. Le 21 la queue semblait être droite et pour elle il faut prendre, à 9^h, o T. M. d'Ath., l'angle $p - p^o = 183^o 2'$.

Mais ce jour même la Terre a passé par le plan de l'orbite cométaire. En effet, on a

$$\Omega = 118^o\, 44'\, 25'',3,$$

par conséquent le passage a eu lieu le 21 juillet, à $7^h 54^m$ T. M. d'Athènes. La variation diurne (du 20 au 21) de l'angle $p - p^o$ pour l'extrémité de la queue ($s = 63^o$) est $65^o,7$; d'où l'on voit que cet angle $p - p^o$ était égal à 180° à $7^h 54^m$, c'est-à-dire au moment même de notre passage par le plan de l'orbite de la comète.

Ainsi *la queue se trouvait dans le plan de l'orbite.*

La valeur $p - p^o = 180^o$ nous montre que la Terre a passé dans l'intérieur de l'angle formé par l'axe de la queue et par le prolongement du rayon vecteur. Le même cas a eu lieu par rapport à la queue anomale de la comète 1862, II.

Il est intéressant de calculer l'angle de la queue avec le prolongement du rayon vecteur dans le plan même de l'orbite. En effectuant le calcul on trouve que, le 20, cet angle $u - u^0$ était de $35^o,7$ et que le 22 il était de $39^o,6$. Les signes positifs de ces angles montrent que la queue était précédée par le prolongement du rayon vecteur dans le mouvement de la comète sur son orbite.

M. Bredichin s'est servi de l'ensemble des observations d'Athènes pour en déduire la valeur de la répulsion bessélienne pour la comète Coggia, et a trouvé cette valeur pour

$$1 - \mu = 0,803.$$

L'auteur a étudié en même temps le développement de la queue de la comète 1862, II, d'après les observations de MM. Schiaparelli, Schmidt, Tietjen et Winnecke. En réduisant ces observations (plus de 40) au plan de l'orbite, il a constaté que les coordonnées des différents points de la queue, tracées sur une carte, s'y disposent avec une régularité parfaite.

Cette circonstance peut servir d'une démonstration *a posteriori* de l'hypothèse d'après laquelle les phénomènes de la queue se développent toujours dans le plan de l'orbite.

En appliquant enfin à ces coordonnées les formules de Bessel pour déterminer la force $1 - \mu$ et la vitesse initiale g, il a obtenu les résultats suivants :

1. Les deux queues normales de la comète 1862, II, n'ont été que les deux branches d'une seule queue, pour laquelle

$$1 - \mu = 3,5 \quad \text{et} \quad g = 0,35.$$

2. Le noyau de la comète avait un *mouvement de rotation* en vertu duquel il restait toujours dirigé vers le Soleil par la même partie de sa surface (comme la Lune par rapport à la Terre).

3. A cause de cette rotation, la matière émise par le noyau ne pouvait pas se transmettre toujours en plus

grande quantité dans la branche antérieure de la queue, comme l'exigent les formules de Bessel ; mais, au voisinage du périhélie, elle devait rester un peu en arrière du rayon vecteur pour s'écouler plus abondamment dans la branche postérieure. En d'autres termes, à mesure que la comète approchait du périhélie, les valeurs limites de l'angle G allaient en diminuant pour la branche antérieure et en augmentant pour la branche postérieure ; après le périhélie elles ont pris une marche inverse. Ces variations se sont effectuées à une certaine distance des deux côtés du périhélie.

Cette distance, de même que la grandeur des variations, dépend naturellement de la vitesse g, de la force $1 - \mu$ et du paramètre de l'orbite.

Dans notre comète, les variations ont commencé à être sensibles vers le 13 août, et ont cessé de l'être vers le 30, le périhélie ayant lieu le 22.

La branche postérieure ne devint visible que le 15 août et s'effaça vers le 12 septembre.

4. La diminution de la valeur limite de l'angle G pour la branche antérieure et son augmentation simultanée pour la branche postérieure doivent nécessairement, d'après les formules de Bessel, faire décroître peu à peu la convexité des bords antérieurs et la concavité des bords postérieurs de ces branches.

Et en effet, avant le 15 août, la branche antérieure, la seule visible jusqu'à cette date, était recourbée en arrière ; puis les deux branches se recourbèrent en avant et, vers le 4 septembre, elles reprirent de nouveau leur courbure normale, c'est-à-dire en arrière. Dans l'intervalle, le 28 août, a eu lieu un

entrelacement de deux branches (*Durschschlingung*), si bien observé et décrit par M. Schmidt.

5. La réaction des émissions ou des éruptions fréquentes sur le noyau allongé et dirigé toujours vers le Soleil a dû nécessairement produire en lui des oscillations à peu près périodiques et de courte durée, qui se sont manifestées si clairement dans les directions des jets lumineux de notre comète. Les déplacements périodiques des jets ont eu pour conséquence la structure rayée de la queue. Ces raies ou ces filaments (*Fasern*) sont mentionnés plusieurs fois par M. Tietjen ; on les remarque aussi sur les dessins de M. Schiaparelli.

6. Les changements des valeurs limites de l'angle G ont dû causer une déformation et presque une disparition complète de la bande obscure que l'on voit ordinairement dans les queues des comètes et qui est surtout frappante au voisinage du noyau.

7. La figure allongée du noyau, exigée par les phénomènes de la queue de notre comète, semble être indiquée en elle par les observations de MM. Winnecke et Schmidt.

En résumé, jusqu'au commencement du mois d'août, la queue a été régulière ; mais, à cette époque, le noyau a projeté des éruptions qui se sont manifestées dans la queue anomale.

La réaction des éruptions sur le noyau allongé a dû causer une déviation, dans la direction de la rotation, (c'est-à-dire en arrière du rayon vecteur), de sa partie tournée vers le Soleil.

Ces déviations incessamment répétées, combinées avec l'action du Soleil sur le noyau allongé, parvinrent à le mettre en mouvement oscillatoire autour d'une ligne passant par le noyau derrière le rayon vecteur. Il est facile de comprendre que, dans de pareilles conditions, les limites de l'angle G ont dû diminuer pour la partie antérieure de la queue.

Les éruptions et leur réaction se sont affaiblies avec le temps, et le noyau a repris peu à peu sa position d'équilibre.

Après l'histoire astronomique de cette belle comète, nous arrivons à la comète IV de 1874, qui a été découverte à Marseille, dans la nuit du 25 au 26 juillet, par M. Borrelly. C'est une comète télescopique.

Une circonstance assez curieuse accompagna cette découverte. Deux jours auparavant, les journaux l'avaient annoncée comme ayant été trouvée, le 22, en Angleterre, par un astronome que les lauriers de M. Coggia empêchaient de dormir. Or il n'en était rien; et, tandis que ce bruit courait, à l'Observatoire même de Marseille, un collègu de M. Coggia découvrait cette seconde comète.

Elle paraissait avoir un diamètre apparent de 4 minutes, qui ne put être exactement mesuré à cause de l'éclat de la Lune. Elle était irrégulièrement ronde, avec une trace de condensation placée excentriquement.

Elle a été observée à Marseille, à Paris, à Toulouse, à Milan, à Rome, à Vienne, à Kiel, etc. Voici les éléments qui ont été conclus par M. Grützmacher :

τ = 1874, avril 26,8872 t. m. de Berlin.

$$\pi = 344^{\circ}.\ 8'.40''$$
$$\Omega = 251.29.14$$
$$i = 41.50.36$$
$$\varphi = 87.45.\ 7$$
$$\log e = 9,9996657$$
$$\log q = 9.9924249$$
$$\log a = 3,1061942$$

Mouvement direct.

Ces éléments donnent 45 000 ans pour la période!

La cinquième comète de 1874 a encore été trouvée à Marseille. Elle fut surprise par M. Coggia dans la nuit du 19 au 20 août, sous l'apparence d'une nébuleuse faible, ronde, sans point brillant, ayant un mouvement horaire de + 6 secondes en ascension droite et de + 40″ en distance polaire.

Elle a été observée à Marseille, Paris, Milan, Vienne, Göttingue, etc. Les éléments suivants ont été conclus par M. Schulhof :

τ = 1874, juillet 19,01916 t. m. de Berlin.

$$\pi = 6^{\circ}.50'.16''$$
$$\Omega = 216.13.13$$
$$i = 34.29.28$$
$$\log q = 0,233124$$

La mine ne s'épuisant pas, les astronomes de Marseille ont encore découvert une sixième comète en 1874. Dans la nuit du 6 au 7 décembre, M. Borrelly la trouva par 16 heures d'ascension droite et 53 degrés de distance polaire. Elle était assez brillante, présentait

un diamètre de 3 minutes, et marchait vers le nord-nord-est. Malgré la mauvaise saison, elle a pu être observée à Twickenham, Hambourg, Strasbourg, Vienne; et M. Holetschek en a calculé les éléments qui suivent :

τ = 1874, octobre 18,7391 t. m. de Berlin.

$\pi = 298^{\circ}.46'.38''$

$\Omega = 281.38.18$

$i = 99.25.43$

$\log q = 9,71576$

Il est superflu de faire remarquer que, dans toutes ces orbites, les positions sont rapportées à l'équinoxe de 1874, 0.

Tel est le bilan cométaire de l'année 1874. On voit qu'il a été remarquablement riche.

§ IV. — 1875.

Par un singulier contraste avec les deux années précédentes, on n'a pas découvert une seule comète nouvelle pendant l'année 1875. Signalons cependant l'observation qui a été faite de la comète d'Encke.

Elle a été retrouvée, le 26 janvier, par M. Holden à Washington et, le lendemain, indépendamment, par M. Stephan à Marseille, juste à la position indiquée par l'éphéméride du Dr Asten. M. Stephan a fait remarquer que les observations étaient extrêmement difficiles; la comète n'apparaissait que comme une petite tache laiteuse avec un contour indéfini et sans aucun point de condensation. Le 28 février, elle fut observée à

Pulkowa par M. Struve, avec son grand réfracteur. Plus tard M. Peters, à Kiel, a fait une série d'observations, et une plus longue encore a été obtenue par le professeur Bredichin à Moscou : la dernière observation de la dernière série a été faite le soir du 10 avril, trois jours seulement avant que la comète arrivât au périhélie, de sorte que l'augmentation de sa déclinaison nord rendit seule l'observation possible. De bonne heure, dans la matinée du 8 mai, la comète a été découverte dans l'hémisphère sud par M. Tebbutt de Windsor (Nouvelle-Galles du Sud). La comète était si faible que les positions obtenues n'ont pu être qu'approximatives.

Le Dr von Asten, auquel est due l'éphéméride au moyen de laquelle ces observations ont été obtenues, et qui, par le fait, s'est chargé de suivre la comète pendant les dernières années qui viennent de s'écouler, a publié quelques remarques qui lui sont relatives ; elles sont intéressantes, parce qu'elles se rapportent à une question non tranchée de l'existence dans l'espace d'un milieu résistant. On ne peut mettre en doute aujourd'hui qu'il y a eu une accélération dans la période de la comète ; mais certains faits se rattachant à cette accélération n'ont pas reçu leur solution définitive. Cette accélération n'a pas eu lieu au passage ou près du passage au périhélie de 1868 ; de plus, les observations de 1865 et de 1871 sont parfaitement d'accord avec la supposition que la comète, entre ces époques, a eu un mouvement déterminé seulement par les lois ordinaires de la gravitation, sans aucun effet sensible d'un milieu résistant, ou de quelque cause étran-

gère de perturbation autre que les perturbations planétaires. Et quoique cet astronome ne prétende pas qu'on le considère comme infaillible dans ses calculs, quoiqu'au contraire il désire autant que qui que ce soit d'être contrôlé par des recherches indépendantes, ainsi qu'il en a fait la remarque, cependant tout le soin qu'il a pris lui inspire la conviction que ses calculs sont exacts et que toutes les perturbations ont été bien mises en jeu. Par l'examen de l'ensemble du sujet et des calculs antérieurs de Encke, aussi bien que par ses travaux récents, il reste convaincu que les éléments de la comète éprouvent des changements dans le voisinage immédiat du périhélie et que ces changements ne peuvent être expliqués par la théorie d'un milieu résistant; leur étude ramènerait plutôt à l'opinion de Bessel, d'après laquelle toutes les perturbations subies par ce corps seraient la conséquence du phénomène d'émission au dehors de la matière cométaire par une sorte de courant. Évidemment le sujet est attrayant, et il sollicite de nouvelles recherches. La dernière apparition n'a pas été favorable aux observations; elle paraît cependant avoir mis en évidence une accélération de même caractère que d'habitude, quoiqu'elle n'ait été que les deux tiers de celle qui avait été constatée précédemment; on se confirme ainsi dans l'idée qu'elle a pour cause des changements dans la constitution intérieure de la comète.

En résumé, ces calculs démontrent que les trois dernières révolutions de cette comète peuvent être parfaitement représentées par un mouvement uniforme, sans l'hypothèse d'un milieu résistant, et même avec

une plus grande précision que tous les retours précédemment calculés ne l'ont été dans cette hypothèse.

En même temps, pendant plus d'une révolution, on remarque une accélération de même valeur que celle que Encke avait supposée. Tel a été le cas entre 1862 et 1865. Dans d'autres révolutions, au contraire, comme entre 1845 et 1848, cette accélération subit des changements considérables. En définitive, l'existence d'un milieu résistant n'est pas prouvée par le mouvement de la comète, et l'accélération observée dans plusieurs de ces retours doit être attribuée à l'action d'autres forces : par exemple à celle d'un pouvoir répulsif produit par l'approche de la comète vers le Soleil, pouvoir dont l'effet différerait considérablement suivant les conditions dans lesquelles le retour au périhélie s'effectue.

Voici les éléments déterminés par le Dr Asten après l'examen des perturbations de Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne :

Passage au périhélie 1875 *avril* 13,06815.

(Temps moyen de Greenwich)

Long. du périhélie.	158°.13′. 9″
Nœud ascendant...	334.32.19
Inclinaison.....	13. 7.17
Angle de l'excentricité.....	58. 8.56
Mouvement moyen diurne..... ..	1079″,2209.

A l'Observatoire d'O'Gyalla (Hongrie), le Dr Nicolas

de Konkoly a fait d'intéressantes observations spectroscopiques sur cette comète à l'aide du spectroscope à vision directe de Browning : il fut surpris de voir que l'éclat du spectre dépassait de beaucoup celui de la comète de Coggia au 3 juin 1874 : « J'observai, dit-il, trois raies brillantes dont l'intensité (commencée au rouge) est comme 5-1-3. J'ai mesuré la position des bandes et réduit à des longueurs d'ondes qui se rapportent toujours au milieu de la bande : première bande (vert-rouge), longueur d'onde, 561 ; deuxième bande (id.), 516 ; troisième bande (id.), 475,1. »

La comète avait une très-forte condensation (excentriquement) du côté du Soleil, avec un petit noyau, comme une étoile de 12e grandeur, et une petite queue dirigée à l'opposite du Soleil. Avec un grossissement de 300 fois, on la voyait très-bien ; avec 800 fois, on l'a observée très-agrandie ; l'atmosphère était excellente.

Le 4 avril, la lumière respective des bandes a été comme 4-1-4, et les longueurs d'ondes comme il suit : première bande (comptée du rouge), longueur d'onde, 562,5 ; deuxième bande (id.), 516 ; troisième bande (id.), 472,5.

En comparant les bandes au tube de Geissler, l'auteur conclut à la similitude du gaz hydrogène carburé (peut-être du gaz d'éclairage).

Pendant son apparition de 1871, la comète d'Encke, examinée au spectroscope, avait déjà conduit MM. Hall et Harkness aux conclusions suivantes :

1° Son spectre ressemble à celui du carbone.

2° Du 18 novembre au 2 décembre, la longueur d'onde de la partie la plus brillante de la seconde bande du spectre a été continuellement en augmentant.

3° On n'a découvert aucune trace de polarisation dans la lumière de la comète.

4° Sa masse est certainement inférieure à celle d'un astéroïde.

5° La densité du milieu éthéré supposé résistant, calculée d'après le retard observé dans la marche de la comète, correspond à une colonne de mercure dont la hauteur serait de $\frac{220}{10^{17}}$ à $\frac{285}{10^{20}}$ de pouce (*inch*).

6° Il est probable que les courants électriques qui donnent naissance aux aurores boréales se propagent dans un milieu qui s'étend à travers l'espace, et que le spectre des aurores est en réalité le spectre de ce milieu.

7° Il n'est pas improbable que les queues de toutes les grandes comètes donnent des spectres semblables à celui des aurores, quoique des lignes additionnelles puissent s'y ajouter.

Telles sont les observations de comètes dues à ces dernières années. On voit qu'elles ont fait faire des progrès considérables à la connaissance physique de ces singuliers corps célestes, dont le rôle dans l'univers reste encore si mystérieux pour nous. Ces études complètent dignement ce nouveau petit Volume, consacré exclusivement aux astres de notre système planétaire.

FIN DU SEPTIÈME VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES.

AVERTISSEMENT V

I. *La planète Mars*. Observations de l'auteur. ... 3
Continents, mers et atmosphère..... 6
Végétation probable..... 7
Forme des mers..... 10
Observations de M. Terby, à Louvain..... 13
Travaux de Schröter..... 15

II. *Anomalie de l'aplatissement de la planète*..... 29

III. *La planète Jupiter*. Variations observées à sa surface..... 34
Changements de coloration..... 36
Observations de Tacchini..... 39
» Terby..... 41
» lord Rosse..... 44
» Gledhill..... 48

IV. *Observations de Jupiter, faites par l'auteur en* 1874..... 51
Forme et couleur des bandes..... 54
Taches blanches suivies d'ombre..... 56
Variations des bandes..... 61
Passage du IVe satellite sur le pôle nord.... 65

V. *Les satellites de Jupiter*. Phénomènes observés par l'auteur en 1874..... 71
Passage simultané du IIe et du IIIe satellites sur la planète..... 74

Différences de leurs teintes et de celles de leurs ombres 76
Probabilité d'une atmosphère 81
VI. *Variations d'éclat des satellites de Jupiter*.... 82
Tableau des observations de l'auteur..... 83
Constitution physique des satellites..... 87
VII. *Observation spéciale du IVe satellite*..... 89
Tableau des observations..... 90
Rotation probable de ce satellite..... 94
Atmosphère et constitution physique 94
VIII. *Les satellites de Jupiter sont-ils visibles à l'œil nu?* 95
Observation du 3 avril 1874..... 95
Éclat intrinsèque..... 99
Anciennes observations..... 100
IX. *Les satellites d'Uranus*..... 104
Travaux de Lassell, Holden et Newcomb.... 106
Le système uranien..... 108
X. *Analyse spectrale des planètes*..... 111
Derniers travaux de Vogel..... 111
XI. *Occultation de Vénus du 14 octobre 1874*..... 117
Éclipse de Soleil du 10 octobre 1874..... 119
Éclipse de Lune du 25 octobre 1874..... 123
Curieuse occultation d'une étoile par la Lune. 125
XII. *Dernières éclipses de Soleil observées*..... 127
Éclipse totale du 16 avril 1874..... 127
Éclipse totale du 6 avril 1875..... 133
XIII. *Petites planètes situées entre Mars et Jupiter*... 137
Distribution des périhélies des petites planètes. 144
Excentricités..... 146
Rapprochements possibles..... 148
Origine des petites planètes..... 149
Commensurabilité des périodes..... 152
Anneaux de Saturne..... 154

XIV. *La Terre vue des différentes planètes*..... 158
Relation entre l'orbite de Mercure et celle de la Terre..... 159
» Vénus » . 161
» Mars » . 162
» Jupiter » . 166
» Saturne » . 167
» Uranus » . 168
» Neptune » . 169
XV. *Dernières comètes observées*..... 172
1872. Comète de Biéla et étoiles filantes..... 173
Comètes de 1873..... 177
Comète Henry..... 180
Comètes de 1874..... 181
Comète Coggia..... 193
Dimensions de la comète..... 198
Stratification de la queue..... 203
Éléments..... 207
Spectre de la comète..... 209
Analyse de sa lumière..... 217
Nature chimique des comètes..... 224
Comparaison des spectres..... 226
Spectres des différentes comètes..... 228
Analyse du développement de la queue..... 231
Observation de la comète d'Encke en 1875... 240

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.